

航空レーザ測量による
数値標高モデル(DEM)作成マニュアル(案)

平成18年 4月

国土交通省国土地理院

目 次

[序]概 説.....	1
1. はじめに.....	1
2. 航空レーザ測量とは.....	1
3. 航空レーザ測量による数値標高モデル(DEM)作成マニュアル.....	3
第1章 総 則.....	4
第1節 通 則.....	4
第2節 航空レーザ測量の成果品の規格及び精度.....	5
第3節 作業区分及び順序.....	5
第4節 システムの構成及び精度管理.....	6
第2章 標高データ作成.....	9
第1節 計測計画.....	9
第2節 GPS基準局の設置.....	9
第3節 航空レーザ計測.....	10
第4節 三次元計測データ作成.....	11
第5節 精度検証.....	13
第6節 オリジナルデータ作成.....	15
第7節 グラウンドデータ作成.....	16
第8節 メッシュデータ作成.....	18
第9節 等高線データ作成.....	19
第10節 数値データファイル作成.....	20
第11節 成果等.....	21
第3章 資 料.....	23

[序]概 説

1. はじめに

航空レーザ測量は、1995年頃に日本に導入されて以来、ハードウェア（特に、レーザ発射頻度）の能力向上とともに、データ処理・解析技術もめざましく発展した。成果である「細密な数値標高データ」は、測量だけでなく、土木工学、防災、環境保全等の幅広い分野で利用されつつある。

現在、航空レーザ測量の規程・要領・標準書に関しては、基本測量の規程である『航空レーザ測量による「数値地図 5m メッシュ（標高）」作成作業規程（平成 16 年 3 月）』（以下、5m メッシュ規程）と 5m メッシュ規程をもとに河川局が近年の異常気象による洪水氾濫対策のために作成した「河川分野における航空レーザ測量による三次元電子地図作成指針（平成 16 年 9 月）」（以下、3D 指針）がある。これらの規程・指針の整備が進んだおかげで、平成 16 年度には前年を上回る航空レーザ測量業務が発注されている。

また、これらの規定の対象外である道路や砂防（水系砂防、火山砂防等）及びダム事業で航空レーザ測量の活用が増加している。さらに、昨年の新潟県中越地震や頻発した台風による水害等の自然災害における場面でも、「航空レーザ測量の迅速な成果作成は初動調査に大変に役に立つ。」と評価を得ている。一方で、これらの規定では数値標高データ作成に留まっていることから、計画機関より最も要望が高い「航空レーザ測量から作成される地形図（等高線）の公共測量作業への適用」が最大の課題であった。

航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）作成マニュアル（案）（以下、「本マニュアル」という。）は、これらの状況を踏まえ、さまざまな場面に利用できる航空レーザ測量の作業方法として位置づけ、標準的な作業方法と測量成果の品質基準を明示し、公共測量における航空レーザ測量の効率的な実施と利用促進を図る目的としてまとめたものである。

2. 航空レーザ測量とは

航空レーザ測量とは、航空機（飛行機又はヘリコプター）に搭載した航空レーザスキャナから地上に向けてレーザパルスを発射し、反射して戻ってきたレーザパルスを解析することで三次元データを取得する測量技術である。航空レーザスキャナは GPS（Global Positioning System）受信機を内蔵しており、座標が既知である地上基準局の GPS 受信データと後処理で照合することにより、高精度な航空機の位置、すなわちセンサヘッドの位置が計測される。

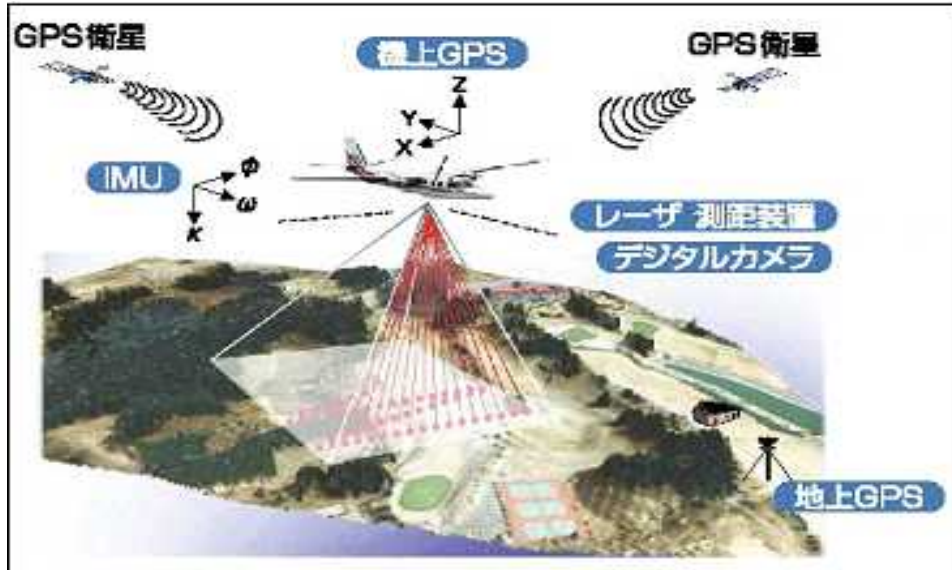
また、同時に航空レーザスキャナは IMU（Inertial Measurement Unit）を内蔵しており、センサヘッドの姿勢（ローリング、ピッチング、ヘディングのそれぞれの角度）も計測される。これらのサブシステムは POS（Position and Orientation System）と総称され、これによってレーザ光の照射位置、照射方向が高精度で把握される。

一方、レーザ光は数万 Hz という高頻度で発射されながら左右にスキャンされるので、航空機の進行にともないフットプリント（レーザ光が地上に当たった点）がジグザグ型に並ぶことになる。各フットプリントの進行方向及び垂直方向の間隔は、航空機の対地速度、飛行高度、レーザ光照射頻度、スキャン頻度等の設定によって調整することができる。

各フットプリントは、レーザ光の照射位置、照射方向データ及びレーザ光が地上との間を往復する時間間隔から計算される対地距離データを統合することで、(x, y, z) が求められる。

そして、ジグザグ状に並んだ各フットプリントの (x、y、z) データを適当な間隔で内挿することで、メッシュ状の地形データを取得することができる。

航空レーザ測量の概念図を下図に示す。



航空レーザ測量の計測概念図

3. 航空レーザ測量による数値標高モデル(DEM)作成マニュアル

1) 目的と適用範囲

本マニュアルは、国土交通省公共測量作業規程（平成 14 年国国地発第 406 号、以下「公共測量作業規程」という）第 16 条（機器等及び作業方法に関する特例）を適用し、公共測量において航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）を作成する場合の標準的な作業方法を定め、その規格の統一、成果の標準化及び必要な精度の確保に資することを目的とする。

また、本マニュアルは、現在、公共測量作業規程が国土交通省以外の機関に作業規程として準用される等、他の作業規程のモデルともなっていることから、国土交通省以外の機関が行う公共測量においても広く利用できるものである。さらに、公共測量以外の測量においても、その実施基準の参考として、本マニュアルを使用することが期待される。

公共測量を実施する場合

国又は公共団体において、公共測量作業規程を準用した作業規程を使用している場合、同規程第 16 条（機器等及び作業方法に関する特例）を適用し、測量法第 36 条（計画書についての助言）に基づく国土地理院の技術的助言により、本マニュアルを準用することができる。

なお、本マニュアルは航空レーザ測量の標準作業であり、計画機関の目的・仕様等の条件に応じて、計画機関は国土地理院と協議の上、作業項目を省略・削除することができる。また、機器の発達・進歩により、本マニュアル内で示されている精度等については、変わることが予想される。そこで、本マニュアルに記載されている項目・数値は、必要に応じて改訂されるものとする。

基本測量及び公共測量以外の測量を実施する場合

民間において、基本測量及び公共測量以外の測量を実施する場合にも、本マニュアルを利用することができる。

2) 本マニュアルの構成

本マニュアルは、航空レーザ測量により数値標高モデル（DEM）を作成する際の作業方法、使用する機器等の必要な事項について規定している。

また、測量技術としての航空レーザ測量に対する理解を深め、その利用の普及・促進を図るため、条文、運用基準のほかに解説を加えている。なお、本マニュアルの全体構成は、次のとおりである。

第 1 章 総 則

本マニュアルの目的、作業区分、システムの構成及び精度管理等について規定している。

第 2 章 標高データ作成

航空レーザ測量による計測データ、オリジナルデータ、数値標高モデル（DEM）、等高線データなどを作成するにあたっての条件及びデータの取り扱い等について規定している。

第 3 章 資 料

航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）作成の精度管理表などの標準様式や格納するデータ形式等を規定している。

第1章 総 則

第1節 通 則

(目 的)

第1条 本マニュアルは、測量法（昭和 24 年法律第 188 号）第 5 条に定める「公共測量」のうち、航空レーザ測量による「標高データ」作成について、その作業方法等を定めることにより、これらの規格を統一するとともに、必要な精度を確保することを目的とする。

(他の規程との関係)

第2条 標高データ作成のための一連の作業は、他に特別の定めがある場合を除いて、このマニュアルの定めるところによる。なお、このマニュアルは、航空レーザ測量による数値標高モデル作成に関する標準的な基準を示したものであり、本マニュアルの基準を満足できない場合等には、計画機関と協議すること。

(用語の定義)

第3条 本マニュアルにおける用語の定義は、次の各号に定めるところによる。

- (1) 地表遮蔽物とは、建物・橋等の人工構造物や樹木等の植生で、その表面の高さが地表面の高さと著しく異なる土地被覆をいう。
- (2) 計測データとは、航空レーザ計測によって得られたデータをいう。
- (3) ファーストパルスとは、レーザ反射パルスのうち主に一番最初に返ってきたパルスをいう。
- (4) ラストパルスとは、レーザ反射パルスのうち主に一番最後に返ってきたパルスをいう。
- (5) 中間パルスとは、レーザ反射パルスのうちファーストパルスとラストパルスの間のパルスをいう。セカンドパルス、サードパルス、アザーパルス等をいう。
- (6) 三次元計測データとは、計測データを統合解析し、ノイズ等のエラー計測部分を削除した標高データをいう。
- (7) オリジナルデータとは、調整用基準点等を用いて三次元計測データの点検調整を行った標高データをいう。
- (8) グラウンドデータとは、オリジナルデータから地表遮蔽物部分の計測データを除去した（以下「フィルタリング」という。）標高データをいう。
- (9) メッシュデータとは、グラウンドデータを必要に応じて任意のメッシュ単位に整理した数値標高モデル（Digital Elevation Model ; DEM）をいう。
- (10) 等高線データとは、グラウンドデータ又はメッシュデータから地形モデルを介して自動発生させてできる任意の一定間隔の等高線データをいう。
- (11) 航空レーザ測量の主な成果品は、オリジナルデータ、グラウンドデータ、メッシュデータ及び等高線データとする。
- (12) 国土基本図単位とは、平成 14 年国土交通省告示第 9 号に規定する平面直角座標系における各系の原点を基準に、南北 1.5km、東西 2.0 km の区画に区分（以下「国土基本図図郭」という。）した単位をいう。
- (13) データ区分は、国土基本図単位を基本とする。
- (14) オルソフォト画像とは、写真画像に三次元計測データ等を与えて正射変換を行ったものをいう。

第2節 航空レーザ測量の成果品の規格及び精度

(オリジナルデータ及びメッシュデータの規格)

第4条 オリジナルデータ及びメッシュデータの規格は、次の各号に定めるところによる。

- (1) 位置の基準は、測量法第11条に定めるところによる。
- (2) 座標値は、平面直角座標系（平成14年国土交通省告示第9号）に規定する平面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。）とする。
- (3) オリジナルデータは、1cm単位で記載し、メッシュデータは、0.1m単位で記載する。

(オリジナルデータの精度)

第5条 オリジナルデータの精度（標準偏差）は、25cm以内とする。

(メッシュデータの精度)

第6条 メッシュデータの精度は、次表のとおりとする。

項 目	精度（標準偏差）
1メッシュ内にグラウンドデータがある場合	0.3m以内
1メッシュ内にグラウンドデータがない場合	2.0m以内

第3節 作業区分及び順序

(作業区分及び順序)

第7条 作業区分及び順序は、原則として次のとおりとする。ただし、計画機関が指示し、又は承認した場合は、これを変更又は一部を省略することができる。

- (1) 計測計画
- (2) GPS基準局の設置（※「電子基準点の選出」を含む）
- (3) 航空レーザ計測
- (4) 三次元計測データ作成
- (5) 精度検証
- (6) オリジナルデータ作成
- (7) グラウンドデータ作成
- (8) メッシュデータ作成
- (9) 等高線データ作成
- (10) 数値データファイル作成
- (11) 成果等

<第7条 運用基準>

作業工程は、別表「作業工程表」によるものとする。

第4節 システムの構成及び精度管理

(航空レーザ測量システム)

第8条 航空レーザ測量システムは、航空機搭載の **GPS** 受信アンテナと受信機、**GPS** 解析ソフトウェア、**IMU** (慣性計測装置)、レーザ測距装置及び解析ソフトウェアから構成する。

<第8条 運用基準>

構成する機器等の性能は、次のとおりとする。

1. 航空機搭載の **GPS** 受信アンテナ及び受信機

- 1) **GPS** アンテナは、航空機の頂部に確実に固定できること。
- 2) **GPS** 観測データを 1 秒以下の間隔で取得できること。
- 3) 2 周波で搬送波位相を観測できること。

2. **GPS** 解析ソフトウェア

- 1) 連続キネマティック方式による基線ベクトル解析機能を有すること。
- 2) 解析結果の評価項目の表示機能を有すること。

3. **IMU** (慣性計測装置)

- 1) **IMU** は、センサ部の 3 軸の傾き (ローリング、ピッチング、ヘディング) 及び加速度を計測可能であり、次に示す性能と同等又はそれ以上を有すること。

ローリング(deg)	0.013
ピッチング(deg)	0.013
ヘディング(deg)	0.35
速度(m/s)	0.0075

- 2) **IMU** は、レーザ測距装置に直接マウントできること。

4. レーザ測距装置

- 1) ファーストパルス及びラストパルスの 2 パルス以上計測できること。
- 2) スキャン機能を有すること。
- 3) 眼等の人体に悪影響を与えない機能を有していること。
- 4) 安全基準が明確に示されていること。

5. 解析ソフトウェア

- 計測点の三次元位置が算出できること。

(機器等の点検)

第9条 航空レーザ測量システムは、作業の 6 ヶ月以内にキャリブレーションサイトでの機器点検を行ったものを用いる。

- 2 航空レーザ測量システム以外の機器については、公共測量作業規程の関係規定を準用する。

<第9条 運用基準>

1. 作業者は、航空レーザ測量システムについて、適切に管理する。

2. 第9条1項の点検記録は、様式 1-1 (航空レーザ測量システム点検記録) に基づいて作成し、作業着手前に計画機関に報告する。

【解説】

キャリブレーションサイトとは、IMUのセンサ部の3軸の傾き（ローリング、ピッチング、ヘディング）等の補正值を求めるため、既知の座標値を持つ施設等がある場所のことをいう。

キャリブレーションの結果を、様式1-1（航空レーザ測量システム点検記録）で提出不可能な場合は監督員と協議の上、作業の6ヶ月以内にメーカーが実施した機器点検報告及びキャリブレーションレポートに変えることができる。

（作業計画）

第10条 作業計画とは、作業着手前に作業地域、作業量、完成時期等を考慮して作業方法、使用する主要な機器、日程等について適切な計画を立案する作業をいう。

- 2 計画書は、計画機関の所定の様式に従って作成する。
- 3 作業計画を変更しようとするときも前各号と同様とする。

＜第10条 運用基準＞

作業計画の立案にあたっては、一連の作業を効率的に実施するため、使用する主要な機器、要員、作業手順及び実施方法等について十分考慮する。

（工程管理）

第11条 作業機関は、作業の全般にわたり適切な工程管理を行わなければならない。

（作業記録の作成）

第12条 作業記録は、各作業の終了後、速やかに作成する。

＜第12条 運用基準＞

作業記録は、様式1-2（数値標高モデル作成作業記録）に基づき作成する。

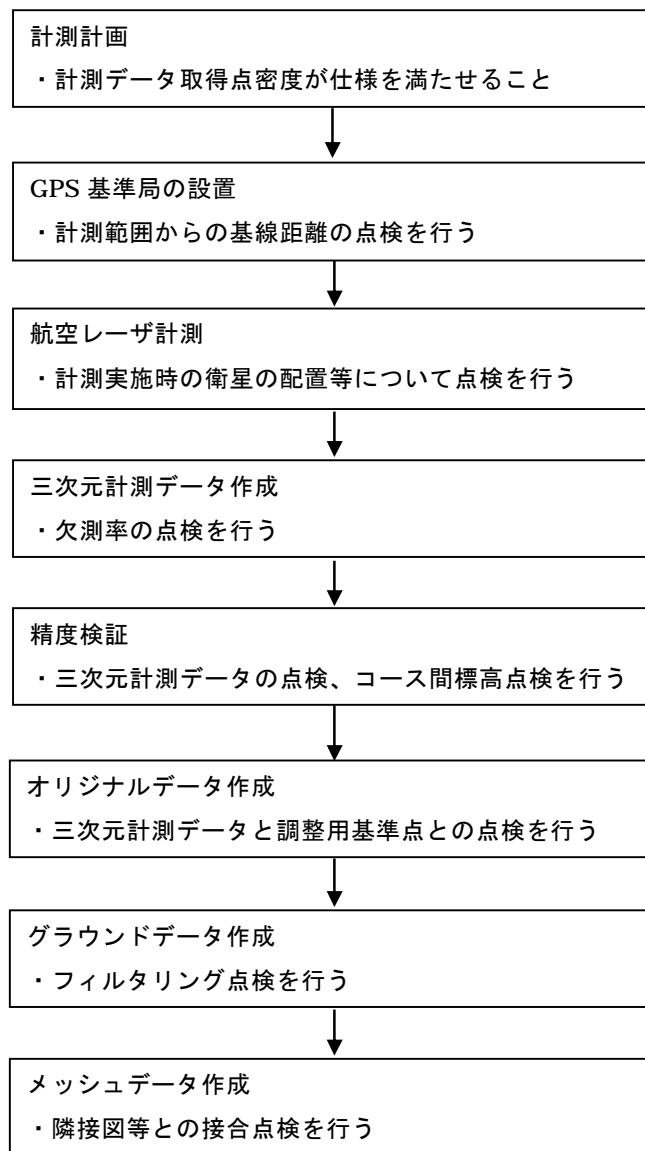
（精度管理）

第13条 作業機関は、航空レーザ測量の正確さを確保するため、作業の全般にわたり適切な精度管理を行わなければならない。

- 2 作業機関は、精度管理を行った結果を遅滞なく整理し、計画機関に提出しなければならない。また、各工程別作業の終了時又はその他適切な時期に所要の点検を行わなければならない。
- 3 作業機関は、作業の終了後速やかに点検測量を行わなければならない。

＜第13条 運用基準＞

1. 点検測量は、フィルタリングについて5%実施する。
2. 精度管理フローを次に示す。



(成果等の提出)

第 14 条 作業機関は、作業が終了したときは遅滞なく、成果、記録及びその他必要な資料を整理し、計画機関に提出しなければならない。

第2章 標高データ作成

第1節 計測計画

(計測計画)

第15条 航空レーザ計測の計画は、GPS 衛星配置等を考慮して、計測諸元、飛行コース計画、GPS 基準局の設置場所及び GPS 観測計画を立案する。

<第15条 運用基準>

1. 計測諸元とは、対地高度、対地速度、コース間重複(%)、スキャン回数、スキャン角度、パルスレート、飛行方向及び飛行直角方向の計測点間隔等をいう。

データの取得点間隔は、メッシュ間隔を とし、取得点密度を とし、メッシュ間隔よりも小さい値に設定(参考式)するものとし、メッシュ間隔四方に1点以上になるように設計する。

(メッシュ間隔)	(取得点密度)
0.5m・1.0m・1.5m・2.0m	= (/)
2.5m・3.0m・5.0m	: 1.1~1.5

2. 飛行コース計画は、データの取得点密度が均一になるように設計するものとし、コース間重複は標準を30%とする。ただし、地形条件並びに気象条件を考慮した上で、コース間重複(或いは往復)を用いて、取得点密度の均一化を図ることもできる。

3. 計測対象地域は、作業地域の外周を100m 延伸して計測するように設計する。ただし、線(路線上・河川上等)形状の場合は除く。

4. GPS の観測計画は、計測対象地域及び GPS 基準局周辺に代表的な地点を設定して作成する。

5. 設計した計測諸元、飛行コース計画図、GPS 基準局の設置場所等は、様式2-1(飛行・計測諸元計画表)により計画機関に報告し、承認を受ける。

第2節 GPS基準局の設置

(GPS基準局)

第16条 GPS 基準局とは、航空レーザ測量において、スキャナの位置を連続キネマティック GPS 測量で求めるための、地上 GPS 基準局をいう。

<第16条 運用基準>

1. GPS 基準局として、電子基準点を用いることができる。

2. GPS 基準局は、計測対象地域内の基線距離が50kmを超えないように選定する。

3. GPS 観測のデータ取得間隔は、1秒以下のものでなければならない。

4. GPS 基準局を設置する場合は、公共測量作業規程の1級基準点測量及び3級水準測量に準ずる測量によって水平位置及び標高を求める。

(GPS基準局明細表の作成)

第17条 GPS 基準局を設置した場合は、GPS 基準局明細表を作成する。

＜第 17 条 運用基準＞

GPS 基準局明細表は、様式2-2(GPS 基準局明細表)に基づき作成する。

(点 検)

第 18 条 作業者は、GPS 基準局の設置時において点検及び精度管理を運用基準に従い行なわなければならない。

＜第 18 条 運用基準＞

1. 上空視界の確保及びデータ取得の有無
2. GPS 基準局の配置の良否
3. GPS 基準局の水平位置及び標高精度の確保
4. 受信アンテナの固定の確保
5. GPS 観測結果等は、公共測量作業規程に準じて精度を評価できるように GPS 衛星の配置等を記載した手簿、記簿等の資料及び基線解析結果等を記載した精度管理表を作成する。

第3節 航空レーザ計測

(航空レーザ計測)

第 19 条 航空レーザ計測とは、航空レーザ測量システムを用いて、計測データを取得する作業をいう。

(計測データの取得)

第 20 条 計測データの取得とは、GPS 基準局の GPS 観測データ、航空機上の GPS 観測データ、IMU データ及びレーザのレンジデータを取得する作業をいう。

＜第 20 条 運用基準＞

1. 同一コースの航空レーザ計測は、直線かつ等高度を原則とする。ただし、回転翼航空機を利用する場合はこの限りではない。
2. 同一コースにおける対地速度は一定の速度を保つようにつとめる。
3. 計測対象地域は、作業地域の外周を **100m** 延伸して取得する。
4. GPS 観測については、次の事項について留意する。
 - 1) GPS 基準局及び航空機上の GPS 観測のデータ取得間隔は1秒以下とする。
 - 2) GPS 観測に使用した衛星の PDOP は、3以下を標準とする。
 - 3) 取得時の GPS 衛星の数は、5個以上とする。

(地表面画像データ取得)

第 21 条 地表面画像データは、後続作業のフィルタリング等のために取得する。ただし、計画機関と協議の上、地表面画像データの必要性がないと判断された場合、あるいは、既撮の地表面画像が利用可能な場合には省略することができる。

＜第 21 条 運用基準＞

1. 地表面画像データは、航空レーザ計測と同時期に取得することを原則とする。同時期とは

地形及び地物の変化によるフィルタリング時の点検に支障がない航空レーザ計測時と前後した期間とし、計画機関と協議し決定する。

2. 画像の解像度は、地表遮蔽物が確認できることとし、地上分解能は **1.0m** 以下を標準とする。
3. 既撮の地表面画像データは、1. と同様にフィルタリング時の点検に支障がない画像とする。
4. 地表面画像の撮影範囲は、計測対象地域をカバーしなければならない。

(点 検)

第 22 条 点検は、航空レーザ計測の開始前及び終了時において、運用基準に定める事項について行う。

<第 22 条 運用基準>

1. 点検は、次の項目について行う。
 - 1) **GPS** 基準局、航空機搭載の **GPS** の作動及びデータ収録状況の良否
 - 2) サイクルスリップ状況の有無
 - 3) 航空レーザ計測範囲の確保及び地表面画像データ等の取得の良否
 - 4) 計測高度及び計測コースの良否
2. 点検資料として、次のものを作成する。
 - 1) **GPS** 解析処理時に出力される計測時間帯の衛星数及び **PDOP** 図
 - 2) コース毎の計測範囲を重ね書きした計測漏れの点検図
 - 3) 計画コース上に飛行軌跡を展開した航跡図
 - 4) 航空レーザ計測記録は、様式2-3（航空レーザ計測記録）に基づき作成する。
 - 5) 航空レーザ計測作業日誌は、様式2-4（航空レーザ計測作業日誌）に基づき作成する。

第4節 三次元計測データ作成

(三次元計測データ作成)

第 23 条 三次元計測データは、第 20 条で得られた計測データを統合解析して作成する。

<第23条 運用基準>

1. 三次元計測データを作成する際は、ノイズ等のエラー計測部分を削除する。
2. 計測点の座標値は、**1cm** 単位まで求める。
3. 三次元計測データの作成は、作業地域の外周を **100m** 延伸して行う。

(オルソフォト画像の作成)

第 24 条 オルソフォト画像は、三次元計測データ等を用いて、地表面画像の偏歪修正処理を行い作成する。ただし、第 21 条において、地表面画像の必要がないと判断された場合には本条項は適用しない。

<第24条 運用基準>

1. オルソフォト画像は、取得した画像を貼り合わせ、国土基本図単位に作成する。
2. 作業地域の外周を **100m** 延伸して作成する。
3. 画像データの形式は、**TIFF** 形式とする。
4. 様式2-15（データ形式について）に基づいて **ASCII** ファイルでオルソフォト画像の位置

情報を表す位置情報ファイルを作成する。

5. 必要に応じて、データ編集のためのポリライン（堤防、道路等）及びポリゴン（水部、中洲、樹林帯等）を取得する基図として活用する。

（水部ポリゴンデータの作成）

第 25 条 オルソフォト画像を用いて、水部ポリゴンデータを作成する。ただし、計画機関において水部ポリゴンデータを不必要と判断した場合は本条項は適用しない。

＜第25条 運用基準＞

水部ポリゴンデータ作成については次のとおりとする。

1. 幅 **5m** 以上の川の水部、大きさ **5m×5m** 以上の池等の水涯線を対象として作成する。ただし、川幅が変化し、部分的に幅 **5m** 未満の部分があっても、全体として川幅 **5m** 以上の場合は採用する。なお、プールや下水処理施設等の擁壁で囲まれた人工池は採用しない。
2. **5m×5m** 以下の小規模な中洲等は、水涯線を採用せずに、水部ポリゴンデータの中に含めるものとする。
3. 水涯線等が岩石、人工構造物等で入り組んでいる場合は、標高データの精度を満たす範囲で、適宜編集するものとする。

（欠測率の計算）

第 26 条 欠測率の計算は、運用基準に従って行う。

＜第26条 運用基準＞

欠測率の計算は次のとおりとする。

1. メッシュデータをメッシュ単位で作業地域を区切り、メッシュ内に三次元計測データがない場合には欠測とする。
2. 欠測率の算出は、国土基本図図郭単位毎に行い、様式2-5（欠測率調査表）に基づいてまとめる。ただし、水部ポリゴン界線内の地域は含めないものとする。
3. 欠測率は、国土基本図図郭単位で **10%**以下を標準とする。
4. 欠測率が標準値を超えた場合には、速やかに計画機関に報告し、その原因を検討し、必要に応じて再計測を行う。
5. 欠測率は、対象面積に対するデータの存在しないメッシュ数を次の計算式で求める。

$$\text{欠測率} = \text{点群の存在しないメッシュ数} / \text{全体のメッシュ数}$$

【解 説】

航空レーザ測量は、光学レーザ機器を利用していることから、黒く見える物体には、レーザ光が吸収されるため、反射が得られずに欠測となる現象が見られる。特に、近年増加傾向にある無石綿スレート瓦は、レーザ光を消散するため反射率が極めて低い。このような屋根材を利用した家屋が多く存在する地域では、レーザ光をいくら高密度に照射しても欠測となる。この場合、再計測しても欠測率は向上しないことを考慮する必要がある。

(点 検)

第 27 条 点検は、編集装置等を用いて運用基準に従い行う。

<第27条 運用基準>

1. 計測点群の断面や鳥瞰表示等により、三次元計測データのノイズ等、エラー計測部分の有無を点検する。
2. 主要地物（道路等）に着目し、オルソフォト画像の画像接合部の著しいズレの有無を点検する。
3. 水部ポリゴンデータの取得漏れの有無、水部ポリゴンデータ接合の良否を点検する。
4. 第 26 条により、欠測率の良否を点検する。

第5節 精度検証

(要 旨)

第28条 精度検証とは、調整用基準点と三次元計測データの座標値との標高誤差の点検、及びコース間の重複する標高値の相互較差の点検を行う作業をいう。

(調整用基準点設置)

第 29 条 調整用基準点は、レーザ計測点の現地における位置が確認できる平坦な箇所で、観測に支障がない場所に設置する。

<第29条 運用基準>

1. 調整用基準点の数は、（作業地域の面積(km²)/25) + 1（小数部は切り上げ、最低4点以上）を標準とする。ただし、作業地域が狭小の場合は、計画機関と協議の上、地域形状、面積に応じ、4点未満とすることができる。
2. 調整用基準点の配点は、作業地域形状の隅に選定し、その他は精度を考慮し、作業地域全体にできるだけ均一に配置する。
3. 設置場所は、次の条件を標準とする。
 - 1) メッシュ間隔の2～3倍の辺長がある広く平坦な場所（例：グラウンド、空き地、道路、公園、平坦な屋上等）であり、樹木や歩道の段差等の障害物がないこと。
 - 2) 水準点が近傍にあること。

(調整用基準点の計測)

第 30 条 計測は、作業地域、標高点検に適用できる精度、作業方法等の条件を考慮して実施する。

<第30条 運用基準>

1. 計測は、公共測量作業規程の4級基準点測量及び4級水準測量に準じて実施する。
2. 近傍に水準点がない場合は、計画機関と協議し、下記の方法で行うことができる。
 - 1) **GPS** 測量により、計測点に最も近い2点以上の電子基準点を既知点とし、観測時間2時間以上を標準とするスタティック法により水平位置を求める。また、標高においては、計測点に最も近い2点以上の水準点と計測点に **GPS** 受信機を設置し、2時間以上を標準とする同時観測によるスタティック法で行うこともできる。

- 2) GPS 衛星の観測数は、同時に5個以上とする。
- 3) 公共水準点、縦横断測量により実施された標高値を有する距離標、水準基標も使用できるものとする。
3. 調整用基準点の配点図は、様式2-6（調整用基準点配点図）に準じて、調整用基準点明細表は、1点毎に様式2-7（調整用基準点明細表）に基づいて作成する。なお、地上写真は、段差等障害となる物がないことが判断できるように撮影し整理する。

（三次元計測データの点検）

第 31 条 三次元計測データの点検とは、実測で求めた調整用基準点とレーザ計測点との標高値の較差点検を行う作業をいう。

<第31条 運用基準>

1. 実測で求めた調整用基準点の標高とメッシュ間隔と同一半径の円又は概ね2倍による辺長の正方形内にある各計測点の標高との較差を求め、較差の最大値、最小値、平均値、標準偏差、**RMS** 誤差及び実測箇所全体の較差の平均値、標準偏差、**RMS** 誤差を求める。
2. 調整用基準点の標高と、レーザ計測点との標準偏差が **25cm** 以上の場合は、調整用基準点成果の点検及び較差平均値、標準偏差の算出値の点検により原因を調査の上、再計算処理又は再計測等の是正措置を講じる。
3. 点検結果は、様式2-8（レーザ計測点点検表）及び様式2-9（調整用基準点調査表）に基づいて整理し、オリジナルデータ作成時の資料とする。
4. 平均値（ m ）、標準偏差（ σ ）、**RMS** 誤差（**RMS**）の計算式は、下記の計算式を使用するものとする。

$$m = \sum_{i=1}^n \Delta Hi / n \quad \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta Hi - m)^2 / n} \quad \text{RMS} = \sqrt{m^2 + \sigma^2}$$

Hi : 調整用基準点の標高と計測点の標高との較差

n : 点数

（コース間標高点検）

第 32 条 コース間標高点検とは、コース間の重複部分にコース間点検ポイントを選定し、標高値の相互較差の点検を行う作業をいう。

<第32条 運用基準>

1. コース間点検ポイントの選定は、次のとおりとする。
 - 1) コース間点検ポイントの数は、（コース長 $\text{km}/10+1$ ）の小数点以下切り上げとする。
 - 2) コース間点検ポイントの配置は、重複部分のコースの端点に取り、重複部分の上下に均等に配置する。
 - 3) コース間点検ポイントの選定において、上記を満たすことのできない地形条件(山間部・線状地域等)の場合は、計画機関と協議の上、配置、点数を変更することができる。
 - 4) コース間点検ポイントは、平坦で両コースとも明瞭な地点を選定し、メッシュ間隔と同一半径の円又は概ね2倍による辺長の正方形内の計測データを平均する。
 - 5) 重複コース毎の各コース間点検ポイントの標高の較差を求め、較差の平均値、標準偏差、**RMS** 誤差を求める。
 - 6) 重複コース毎のコース間標高較差による標準偏差及び **RMS** 誤差が **30cm** 以上の場合は、

コース間点検ポイントの再選定、又は点検結果からキャリブレーション値の再補正等の再計算により調整を行う。

2. コース間点検ポイントの整理は、様式2-10（コース間点検ポイント残差表）で行い、配点図を様式2-6（コース間点検ポイント配点図）に準じて作成する。

（点 検）

第 33 条 作業者は、精度検証の中間及び終了時において点検を、点検者は作業の終了時において再点検を行う。

<第33条 運用基準>

1. 調整用基準点の配点、設置箇所を、様式2-6（調整用基準点配点図）及び様式2-7（調整用基準点明細表）により点検する。
2. 調整用基準点と計測データとの較差の平均値、標準偏差、**RMS** 誤差の算出手法が、制限を満たしているかを様式2-8（レーザ計測点点検表）及び様式2-9（調整用基準点調査表）により点検する。
3. コース間点検ポイントの配点、選点箇所を、地表面画像データ及び様式2-6（コース間点検ポイント配点図）により点検する。
4. コース間点検ポイントの標高較差の平均値、標準偏差、**RMS** 誤差の算出手法が、制限を満たしているかを様式2-10（コース間点検ポイント残差表）により点検する。

第6節 オリジナルデータ作成

（要 旨）

第34条 オリジナルデータとは、第5節における調整用基準点の点検結果に基づき、三次元計測データの標高を調整したデータをいう。

（オリジナルデータ作成）

第 35 条 オリジナルデータは、三次元計測データを調整用基準点の点検結果に基づき、地域全体一律による調整を行い作成する。

<第35条 運用基準>

1. 第5節で求められた調整用基準点との **RMS** 誤差は、**25cm** 以内とする。
2. 第5節で求められた調整用基準点と計測データの平均値との差は、**25cm** 以内とする。
3. 調整用基準点と計測データの平均値との差が **25cm** 以上の場合は、三次元計測データの標高値を一律シフトさせることにより調整する。

（整 理）

第 36 条 オリジナルデータ作成後、運用基準の定める方法に従って整理する。

<第36条 運用基準>

調整用基準点残差表は、様式2-11（調整用基準点残差表）により整理する。

(点 検)

第 37 条 作業者は、オリジナルデータ作成の中間及び終了時において点検を、点検者は作業の終了時において再点検を行う。

<第37条 運用基準>

一律に標高をシフトし調整処理を実施した結果の良否、調整後の較差の平均値、標準偏差及び RMS 誤差が制限値を満たしているかを様式2-11（調整用基準点残差表）により点検する。

第7節 グラウンドデータ作成

(グラウンドデータ作成)

第 38 条 グラウンドデータとは、オリジナルデータのうち地表面の高さを示すデータをいい、オリジナルデータからフィルタリングを行い作成する。

<第38条 運用基準>

1. フィルタリングとは、地表面以外のデータを取り除くことをいう。対象項目は、次表を基本とする。
2. グラウンドデータ及びフィルタリングは、作業地域の外周を **100m** まで延伸して作成する。
3. 大規模な地表遮蔽部分において、地形表現に不具合が生じるおそれがある場合は、グラウンドデータを適宜補完する。

交通施設	道路施設等	道路橋（長さ 5m 以上）、高架橋、横断歩道橋照明灯、信号灯、道路情報板等、
	鉄道施設	鉄道橋（長さ 5m 以上）、高架橋（モノレールの高架橋含む）、跨線橋、プラットフォーム、プラットフォーム上屋、架線支柱、信号灯支柱
	移動体	駐車車両、鉄道車両、船舶
建物等	建物及び 附属施設等	一般住宅、工場、倉庫、公共施設、駅舎、無壁舎（温室、ビニールハウス）、競技場のスタンド、門、プール（土台部分含む）、へい
小物体		記念碑、鳥居、貯水槽、肥料槽、給水塔、起重機、煙突、高塔、電波塔、灯台、灯標、輸送管（地上、空間）、送電線
水部等	水部に関する構造物	浮き栈橋、水位観測施設、河川表示板
植生		樹木 ^{※1} 、竹林 ^{※1} 、生垣 ^{※1}
その他	その他	大規模な改変工事中の地域 ^{※2} 、地下鉄工事等の開削部、資材置場等の材料・資材

※1 地表面と判断できる部分は、地形を正しく表現するため可能な限り採用する。

※2 地表面として、ほぼ恒久的であると判断できるものは採用する。

(地区間及び既往データ間検証)

第 39 条 地区間及び既往データ間のグラウンドデータ、オリジナルデータの精度を検証するため、隣接する地区又は既往データとの重複区間を設定して、計測点の比較を実施する。

<第39条 運用基準>

1. 検証箇所については、次の条件を満たす範囲を設定する。
 - 1) 国土基本図単位毎に1箇所以上で、計測点は1箇所あたり **100** 点以上を原則とする。
 - 2) 調整用基準点がある場合は、その点を含める。
 - 3) 地表遮蔽物の影響が少なく、広く平滑で傾斜のない箇所（例：グラウンド、空き地、道路、公園等）であること。
2. 地区間及び既往データ間の検証は、次のとおり行う。
 - 1) 重複範囲内のオリジナルデータ又はグラウンドデータを平均化し比較点検をする。
 - 2) 較差の最大値、最小値、平均値及び **RMS** 誤差を求める。
 - 3) **RMS** 誤差が **30cm** 以上の場合は、計画機関に報告し、原因を調査の上再計算処理又は再計測等の是正措置を講じる。
 - 4) 既往データとしてグラウンドデータ、オリジナルデータがない場合は、メッシュデータとの較差に変えることができる。
 - 5) 検証結果は、様式2-12（地区間検証結果表）に基づいて整理する。

(フィルタリング点検図作成)

第 40 条 点検図の作成は、フィルタリングが適正に行われたか、作成されたデータに異常がないかを確認するために作成する。

2 点検図は、オルソフォト画像＋等高線データの重ね合せ図とオルソフォト画像＋計測点＋水部ポリゴンの重ね合せ図を作成する。ただし、オルソフォト画像が作成されていない場合は、オルソフォト画像に替えてオリジナルデータから作成の陰影図とすることができる。

<第40条 運用基準>

1. 各種出力図は、様式2-13（出力図表示例）に基づいて作成する。
2. オルソフォト画像＋等高線データの重ね合せ図、オルソフォト画像＋計測点＋水部ポリゴンの重ね合せ図の縮尺は **1/2,500** とし、国土基本図単位で出力図を作成することを原則とする。
3. オルソフォト画像＋等高線データの重ね合せ図における主曲線の間隔は**1m**、計曲線の間隔は**5m** とし、主曲線を赤色、計曲線を黄色で表示する。なお、計曲線には等高線データ数値を付加する。また、凹地については凹地記号を付加する。
4. オルソフォト画像＋計測点＋水部ポリゴンの重ね合せ図の計測点は、採用点を赤色、不採用点を黄色で表示する。また、水部ポリゴンは境界線を紺色で表示する。
5. 隣接する図葉（作業地域外周を含む）については、当該の国土基本図図郭から **50m** 延伸して出力する。

(点 検)

第 41 条 点検は、編集装置及び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運用基準に従い行う。

<第41条 運用基準>

フィルタリング処理の良否は、背景のオルソフォト画像の植生や橋・建物等の人工構造物に不要な等高線データや計測点がないかを点検する。また、水部ポリゴンがオルソフォト画像の水部と一致し、取得基準を満たしているかを点検する。

第8節 メッシュデータ作成

(メッシュデータ作成)

第42条 メッシュデータは、グラウンドデータから内挿補間により作成する。

<第42条 運用基準>

1. メッシュデータは、必要に応じた任意のメッシュ単位で作成する。
2. メッシュデータの位置は、国土基本図単位に、南北及び東西方向に、それぞれ任意間隔で分割して得られる各メッシュの中心位置とする。
3. メッシュへの標高値内挿補間法は、メッシュデータの使用目的、グラウンドデータ密度を考慮し最近隣法、TIN、IDW、Kriging、平均法の何れかを用いるものとする。
4. メッシュデータの最小単位は、1cm 単位を四捨五入して 0.1m とする。

【解説】

内挿補間とは、元データ（ランダムデータ等）を次の手法を用いてメッシュデータ等に変換することをいう。

1) 最近隣法

内挿メッシュ点から最も近い距離にある点群を採用する方法。メッシュデータの間隔が小さく、グラウンドデータの密度も濃い場合は、最も近いグラウンドデータの標高をそのまま使用するため純粋なデータであるといえる。また、アルゴリズムが単純であるために処理は高速である。

2) TIN

ランダムに分布した点群から発生させた三角形群を TIN (Triangulated Irregular Network; 不整三角モデル) とよび、メッシュ点の標高は三角形の平面から線形近似によって内挿される。線形近似によりすべてのグラウンドデータを採用して、三次元モデルを作成するため、グラウンドデータを反映したモデルとなる。

3) IDW

内挿メッシュ点から一定距離内の（又は一定個数の）各点群に対して、内挿メッシュ点までの距離に応じた重みを付ける方法。内挿メッシュ点までの距離が近い点群ほど重みが大きく、内挿メッシュ点に対する比重が大きくなる。

4) Kriging

IDW と同じく重み付けの内挿法であるが、内挿メッシュ点周辺のデータ間の空間的相関性で内挿メッシュ点を決定する地球統計学的手法。グラウンドデータが疎な場合でも空間的相関性を考慮に入れた内挿を行うため精度を保ちやすい。

5) 平均法

内挿メッシュ点からの任意の検索範囲内に入る点群標高値の平均を算出する。内挿メッシュ点までの距離には依存せず検索範囲内であれば、どの点も同様に扱う。また、ア

ルゴリズムが単純であるために処理は高速である。

(メッシュデータ点検図作成)

第 43 条 作成されたメッシュデータの点検及び隣接図との接合を点検するため、陰影段彩図を作成する。

<第43条 運用基準>

1. 出力図は、様式2-14（出力図表示例）に基づいて国土基本図単位毎に作成することを原則とする。
2. 出力図の縮尺は、**1/5,000** を原則とする。
3. 作業地域内の隣接図面は、当該の国土基本図図郭から **100m** の範囲を延伸して出力する。
4. 作業地域と隣接する地区が存在する場合については、作業地域の外周を **50m** 延伸して出力する。

(点 検)

第 44 条 点検は、編集装置や出力図等により行う。

<第44条 運用基準>

陰影段彩図の色調の変化により、標高値の誤り、抜け、隣接図等との接合の良否を点検する。

第9節 等高線データ作成

(等高線データ作成)

第 45 条 等高線データは、第 38 条で得られたグラウンドデータ又は第 42 条で得られたメッシュデータより、運用基準に従って作成する。

<第45条 運用基準>

等高線データ作成は、次のとおりとする。

1. 等高線データは、グラウンドデータ又はメッシュデータより、国土基本図単位で作成する。
2. 主曲線間隔 **1、2、5m** 間隔の等高線データを作成する際のグラウンドデータ及びメッシュデータの間隔は、次表を原則とする。また、グラウンドデータ及びメッシュデータは作業地域の外周を **50m** まで延伸したものを使用する。

	主曲線	計曲線	グラウンドデータ、メッシュデータ間隔		
			約 1m	約 2m	約 5m
1/1,000	1m	5m	○	—	—
1/2,500	2m	10m	○	○	—
1/5,000	5m	25m	○	○	○

ただし、上記の条件を満たさないときは、別途計画機関と協議をする。

(点 検)

第 46 条 点検は、運用基準に従い編集装置及び出力図等により行う。

<第46条 運用基準>

1. 点検は、陰影段彩図と等高線データを重ねて表示し、等高線データと陰影段彩図との不具合を点検する。
2. 陰影段彩図は、第 43 条で作成される陰影段彩図を使用することができる。また、新たに陰影段彩図を作成する場合は、等高線間隔を陰影段彩図の標高間隔として作成する。

第10節 数値データファイル作成

(数値データファイル作成)

第 47 条 数値データファイル作成とは、データを電子記憶媒体に記録する作業をいう。

<第47条 運用基準>

1. 数値データファイルは、次のとおりとする。
 - 1) オリジナルデータ
 - 2) グラウンドデータ
 - 3) メッシュデータ
 - 4) 水部ポリゴンデータ
 - 5) オルソフォト画像
 - 6) 位置情報ファイル
 - 7) 等高線データ
 - 8) 格納データリスト
2. 地表面属性データは、メッシュデータに記述する。
3. データのフォーマットは、様式2-15（データ形式について）のとおりとする。
4. 測量成果電子納品の際には、様式2-16(測量成果電子納品対応について)のとおりとする。
5. ディレクトリー構造は、様式2-17（ディレクトリー構造について）のとおりとする。

(点 検)

第 48 条 数値データファイルの点検は、編集装置等を用いてその内容を点検する。

<第48条 運用基準>

1. フォーマット及び内容の良否
2. データサイズの確認
3. ディレクトリー構造の確認

第11節 成果等

(成果等)

第49条 成果等は、次のとおりとする。

- (1) 数値データファイル
- (2) 作業記録
- (3) 精度管理表
- (4) その他の資料

<第49条 運用基準>

測量成果等は原則として、電子データで提出するものとし、測量成果電子納品要領（案）に基づいて作成するものとする。

作業工程表

別表

数値標高モデル（DEM）作成

作業計画

計測計画

GPS基準局設置

航空レーザ計測

航空レーザ計測
（地表面画像データ取得）

三次元計測データ作成

三次元計測データ作成
水部ポリゴンデータの作成
（オルソフォト画像の作成）

精度検証

調整用基準点の計測
三次元計測データの点検
コース間標高点検

オリジナルデータ作成

三次元計測データの調整
オリジナルデータ作成

グラウンドデータ作成

グラウンドデータ作成
地区間及び既往データ間検証
フィルタリング点検図作成

メッシュデータ作成

メッシュデータ作成
隣接、地区間、既往データ接合点検
メッシュデータ点検図作成

等高線データ作成

等高線データ作成

数値データファイル作成

数値データファイル作成

成果等

第3章 資料

1. 標準様式

航空レーザ測量システム点検記録	様式 1-1
数値標高モデル作成作業記録	様式 1-2
飛行・計測諸元計画表	様式 2-1
GPS 基準局明細表	様式 2-2
航空レーザ計測記録	様式 2-3
航空レーザ計測作業日誌	様式 2-4
欠測率調査表	様式 2-5
調整用基準点・コース間点検ポイント配点図	様式 2-6
調整用基準点明細表	様式 2-7
レーザ計測点点検表	様式 2-8
調整用基準点調査表	様式 2-9
コース間点検ポイント残差表	様式 2-10
調整用基準点残差表	様式 2-11
地区間検証結果表	様式 2-12

2. 出力図表示例

出力図表示例 (1:2,500)	様式 2-13
出力図表示例 (1:5,000)	様式 2-14

3. データ形式について

データ形式について	様式 2-15
測量成果電子納品対応について	様式 2-16

4. ディレクトリー構造について

様式 2-17

5. 精度管理表

グランウドデータ作成作業精度管理表	様式 2-18
メッシュデータ作成作業精度管理表	様式 2-19
数値データファイル作成作業精度管理表	様式 2-20

航空レーザ測量システム点検記録

作業名		機体		平成	年	月	日
				点検者			
キャリブレーションサイト名							
機器名		番号					
離陸時間	時	分	計測開始	時	分		
着陸時間	時	分	計測終了	時	分		

ローリングキャリブレーション

コース名	対地速度	対地高度 (ft)	FOV (度)	パルスレート (Hz)	スキャンレート (Hz)	補正值 (角度)	備考
C-							

ピッチングキャリブレーション

コース名	対地速度	対地高度 (ft)	FOV (度)	パルスレート (Hz)	スキャンレート (Hz)	補正值 (角度)	備考
C-							

横縮尺キャリブレーション

コース名	対地速度	対地高度 (ft)	FOV (度)	パルスレート (Hz)	スキャンレート (Hz)	補正值	備考
C-							

標高値(測距)キャリブレーション

コース名	対地速度	対地高度 (ft)	FOV (度)	パルスレート (Hz)	スキャンレート (Hz)	補正值 (cm)	備考
C-							

キャリブレーション後の標高差
cm

数値標高モデル作成作業記録

測量年度	地区名	作業期間	計画機関
		～	
検査員		総括監督員	
		監督員	

作業機関		主任技術者	
		点検者	

作業工程	作業期間	数量	単位	特記事項	状況	作業者	点検者
作業計画			式				
GPS 基準局 設置			点	基線ベクトル距離 地上局視通	優良可		
航空レーザ 計測			km ²	計測時刻 対地高度 対地速度 FOV スキャンレート パルスレート PDOP 欠測率			
地表面画像 データ取得			km ²	レンズ レンズS/N シャッタースピード 解像度			
計測データ 作成作業			式				
調整用基準点 計測			点				
オリジナル データ作成			km ²	調整量			
グラウンド データ作成			km ²	回数 合否			
メッシュデータ 作成			km ²				
等高線データ 作成			km ²				
数値データ ファイル作成			km ²				
成果等			式				

飛行・計測諸元計画表

地区名		
	作業機関	
		主任技術者
項目	パラメータ設定値	備考
対地高度		
海拔高度		
対地速度		
コース数		
コース間重複		
パルスレート		
スキャン角度		
スキャン回数		
ビーム径		
パルスモード		
飛行方向 計測点間隔		
飛行直角方向 計測点間隔		
その他		

*計画コース図を添付する。

*計画コース図には、GPS 基準局等を明示する。

GPS 基準局 明細表

点 名		1/5万地形図名		観測者	
観測年月日		標 識 種 類		点検者	
所 在 地					
所 有 者	連絡先				
座 標 系	平面直角座標 系				
座 標	X	m	標 高	m	
	Y	m	ジオイド高	m	
経 緯 度	B				
	L				
電子基準点番号					
GPS機種			解析ソフト名		
観測レート		秒	仰 角	° 以上	
機 械 高		m	観 測 時 間	h	m
PDOP			衛 星 数	衛星	
平 面 位 置 図			観 測 写 真		

航空レーザ計測記録

地区名					作業機関					計測士					操縦士							
計測年月日					基地					JA					離陸時間	時	分					
高度					基地標高					速度					着陸時間	時	分					
					基準面										計測機器名							
気象	天気				気流				風向	°	風速				気温							
コース	開始時間	終了時間	偏流角	コース	開始時間	終了時間	偏流角	撮影略図														

* コース番号は、連続の場合は省略してもよい。開始時間、終了時間は最初と終了で途中のコースは省いてもよい
 * 偏流角も適宜省略できる。

航空レーザ計測作業日誌

No

作業地区名				作業者	
基地				記録者	
月 日		天 気		作 業 内 容	備 考
		午前	午後		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

欠測率調査表

地区名							作業者	
							点検者	
図名	欠測率%	図名	欠測率%	図名	欠測率%	図名	欠測率%	
全域平均		最小		最大				

調整用基準点
コース間点検ポイント
配点図

	作業年度	地区名	作業機関名	(計測コース)
C1		基 1	▽基 2	C1
C2		T1 -1 T1 -2 T1 -3 T1 -4		C2
C3		T2 -1 T2 -2 T2 -3 T2 -4		C3
C4		T3 -1 T3 -2 ▽基 3 T3 -3 T3 -4		C4
C5		T4 -1 T4 -2 T4 -3 T4 -4		C5
C6		T5 -1 T5 -2 T5 -3 T5 -4	▽基 5	C6
		▽基 4		

注：一覧図は、1/25,000 地形図又は 1/50,000 地形図を使用する。
調整用基準点は一辺 4mm の正三角形、点検ポイントは半径 2mm の円で表示する。また、名称を記載する。

調整用基準点明細表

点 名		1/5 万地形図名		作 業 者	
作業年月日		座 標 系		点 検 者	
点 名	X	・	N	Y	・
				E	H
1 / 2.5 万見取図			地 上 写 真		
計測点図					

レーザ計測点点検表

地区名				作業者		
				点検者		
点名				実測値 H= m		
No	X	Y	Z	差(H-Z)	備考	
		平均値				
		最大値				
		最小値				
		標準偏差				
		RMS誤差				

調整用基準点調査表

地区名						作業者			
						点検者			
番号	点名	水準結果	レーザ 成果	水準との 差	番号	点名	水準結果	レーザ 成果	水準との 差
1					11				
2					12				
3					13				
4					14				
5					15				
6					16				
7					17				
8					18				
9					19				
10					20				

	平均値(m)	標準偏差(m)	RMS 誤差(m)	最小値(m)	最大値(m)	最大値 - 最小値	データ数
計測範囲 全域の水 準との差							

コース間点検ポイント残差表

地区名							作業機関		
							作業者	点検者	
点 名	C-			C-			較 差	備 考	
	X	Y	H	X	Y	H	H		
* 電子計算機タイプの場合は、その用紙を使用できる。 ただし、上記の内容を満足するものとする。				最小値					
				最大値					
				平均値					
				標準偏差					
				RMS 誤差					

調整用基準点残差表

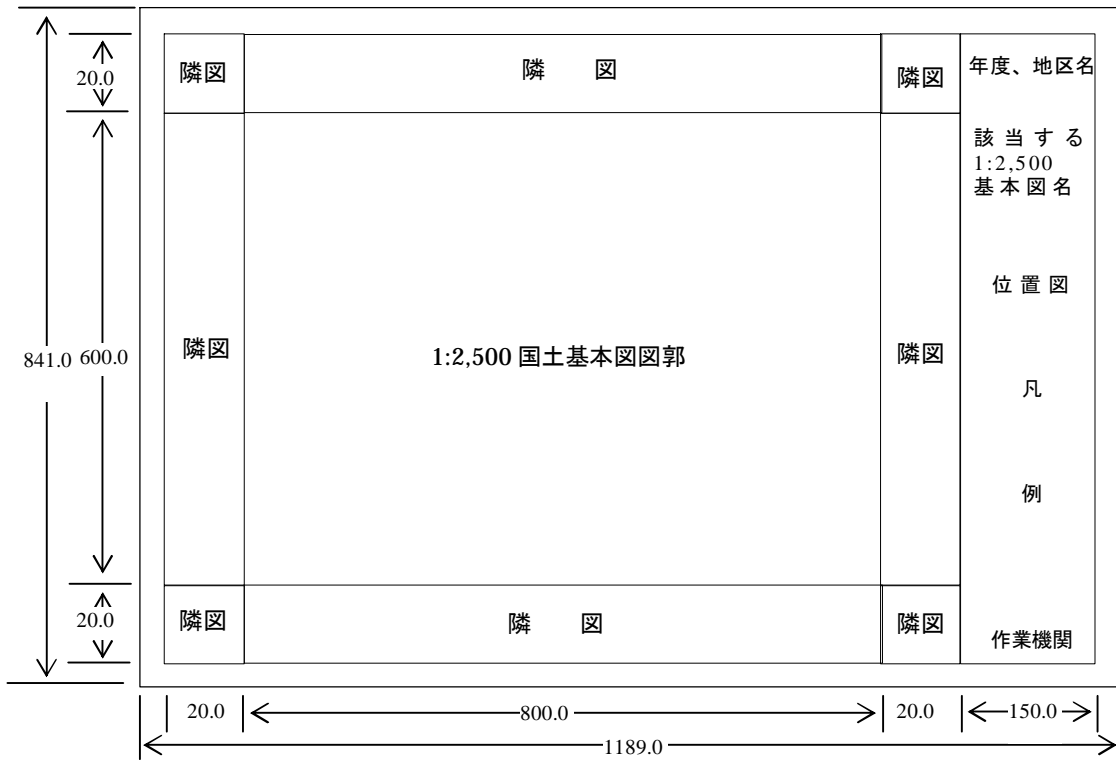
地区名							作業機関				
							作業者			点検者	
点 名	実 測 値			調 整 前			調整後	較差	備 考		
	X	Y	H	X	Y	H	H	(m)			
* 電子計算機タイプの場合は、その用紙を使用できる。 ただし、上記の内容を満足するものとする。				調整量(m)							
				最小値							
				最大値							
				平均値							
				標準偏差							
RMS 誤差											

地区間検証結果表

地区名 (A)				作業者		
隣接地区名 (B)				点検者		
図名	計測点数		計測点標高平均値		較差	備考
	A地区	B地区	A地区	B地区		
*本地区をA地区とし、隣接地区をB地区とする。				最小値		
				最大値		
				平均値		
				RMS誤差		

出力図表示例

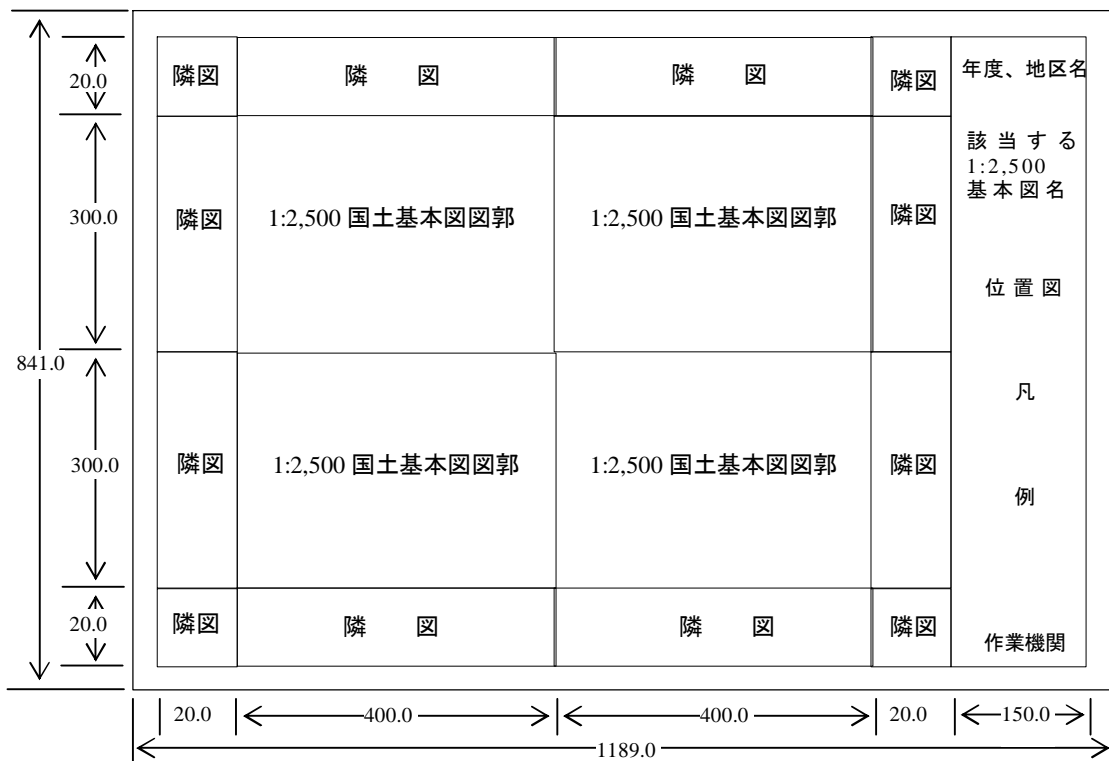
1:2,500 出力図 (A0判)



東西、南北に 1:2,500 国土基本図図郭+各隣図分 50m (作業地区外に接する延伸部分も含む)が入る。

出力図表示例

1:5,000 出力図 (A0判)



東西、南北に 1:2,500 国土基本図図郭 2 面 + 各隣図分 100m (作業地区外に接する延伸部分は概ね 50m) が入る。

データ形式について

注意：x、y座標軸は測地座標軸ではなく、数学（幾何）座標軸とする。

テキストは半角英数字（英字は小文字）にするものとする。

また、ファイル名の*****には、国土基本図名（例：09je932）が入る。

オリジナルデータ

オリジナルデータは、計測点の Id、x、y、z座標及びパルス番号(ファースト、アザー及びラストパルス等に区分した番号)を1行に記述した csv 形式、もしくは csv 形式に変換可能な形式とする。

csv 形式に変換可能な形式の場合の項目(アイテム)名を、x、y、z座標及びパルス番号の各項目とする。また、ファイル内に区域外が存在する場合、その位置のデータはデータ無しとして記録しない。

ファイル名 :*****_org.txt

ファイル構造:Id は、ファイル内でユニークな一連番号

Id1,x1,y1,z1,p1	X1,y1 : 計測点座標値 (m 単位で少数点以下第 2 位まで)
Id2,x2,y2,z2,p2	Z1 : 標高値 (m 単位で少数点以下第 2 位まで)
: : : : :	Px : x はパルス番号
Idn,xn,yn,zn,pn	

なお、アザーパルスを取得できない機種では、ファーストパルスとラストパルスを区分して2つのファイルを作成する。フォーマットはグラウンドデータのフォーマットとする。また、ファイル名のファーストパルスは、*****_f_org.txt とする。ラストパルスは、*****_I_org.txt とする。

グラウンドデータ

グラウンドデータは、計測点の Id、x、y、z座標を1行に記述した csv 形式、もしくは csv 形式に変換可能な形式とする。csv 形式に変換可能な形式の場合の項目(アイテム)名を、x、y、z座標の各項目とする。また、ファイル内に区域外が存在する場合、その場合のデータはデータ無しとして記録しない。

ファイル名 :*****_grd.txt

ファイル構造:Id は、オリジナルファイルとグラウンドファイル同一番号とする。

Id1,x1,y1,z1	X1,y1 : 計測点座標値 (m 単位で少数点以下第 2 位まで)
Id2,x2,y2,z2	Z1 : 標高値(m 単位で少数点以下第 2 位まで)
: : : :	
Idn,xn,yn,zn	

水部ポリゴンデータ

ポリゴンデータの座標を列記した csv 形式、もしくは csv 形式に変換可能な形式とする。

なお、csv 形式の場合は次のとおりとする。

ポリゴン図形ファイルの構造

ファイル名	: *****_plg.txt
ファイル構造	: Id はユニークな一連番号
ld1,x1,y1	x1,y1 : Id のラベル位置はポリゴン内の任意の場所
x1,y1	x1,y1 : ポリゴンの始終点座標値 (m 単位で小数点以下第 2 位まで)
x2,y2	
: :	
xn,yn	
x1,y1	x1,y1 : ポリゴンの始終点座標値
end	ポリゴン終了フラグ
ld2,x1,y1	x1,y1 : Id のラベル位置はポリゴン内の任意の場所
x1,y2	
: :	
xn,yn	
x1,y1	x1,y1 : ポリゴンの始終点座標値
end	ポリゴン終了フラグ
end	ファイル終了フラグ

島 (穴) ポリゴンがあるポリゴンのラベル位置について

島 (穴) ポリゴンがあるポリゴンでは、当該ポリゴンのラベル位置は、当該ポリゴン内の島 (穴) ポリゴン内を除いた任意の場所とし、島 (穴) ポリゴンのラベル位置は島 (穴) ポリゴン内の任意の場所とする。

ポリゴンデータと島 (穴) ポリゴンのデータの順番は、連続しなくても良い。

オルソフォト画像

画像データの形式は、TIFF 形式とし、下記の位置情報の形式記入例に基づいて ASCII ファイルでオルソフォト画像の位置情報を表す位置情報ファイルを作成する。

位置情報 (ワールド・ファイル) の形式記入例 (ピクセルサイズ 0.5m の場合)

ファイル名	: *****.tfw
0.50	: ピクセルの x 方向の長さ (x スケール)
0.00	: 行の回転角度
0.00	: 列の回転角度
-0.50	: ピクセルの y 方向の長さ (y スケール)
-25999.75	: 左上ピクセルの中心部の x 座標
-7500.25	: 左上ピクセルの中心部の y 座標

- 注意
- x, y 座標値は、左上ピクセルの中心部の座標値とする。
(m 単位で小数点以下第 2 位まで)
 - x, y 座標軸は測地座標軸ではなく、数学(幾何)座標軸に置き換えたものとする。
 - テキストは半角英数字 (英字は小文字) にするものとする。
 - ファイル名の*****には、国土基本図名 (例: 09je932) が入る。

格納データリスト

各メディア毎に格納する 1 : 2,500 国土基本図のリストを半角英数字（英字は小文字）で記述する。
ファイル名は「file_itiran.txt」とする。

(例)

09od051

09od052

09od053

09od054

測量成果電子納品対応について

測量成果電子納品に関しては、測量成果電子納品要領（案）等により行い、それぞれのファイル仕様は以下のとおりとする。なお、協議により他のフォーマットも可とする。

メッシュデータ（拡張 DM 形式）

メッシュデータは、標高値と地表面属性を分離し、データフォーマットに関しては、拡張 DM 形式に準拠する。なお、精度区分(数値化区分、地図情報レベル区分)及びデータタイプは以下のとおりとする。

ただし、標高値単位は図郭レコード(b)の「座標値の単位」にて「cm」とする。

数値化区分	6(航空レーザ測量成果を用いる方法)
地図情報レベル区分	メッシュ間隔により第 45 条にて決定
データタイプ	グリッド
レコード数反復回数	1 桁(グリッドヘッダーレコード 84 バイト目)

格納単位図郭	対応メッシュサイズ
1/ 500(300m × 400m)	0.5m 及び 1.0m
1/1,000(600m × 800m)	1.0m 以上
1/2,500(1,500m × 2,000m)	2.0m 以上

また、メッシュ間隔が 0.5m よりも小さい場合や変更する場合は、協議の上図郭サイズの変更も可とする。

メッシュデータ(他のフォーマット例)

メッシュデータは、Id、x、y、z 座標及び地表面属性コードを 1 行に記述した csv 形式、もしくは csv 形式に変換可能な形式とする。csv 形式に変換可能な形式の場合の項目(アイテム)名を、x、y、z 座標及び地表面属性コードの各項目とする。また、ファイル内に区域外が存在する場合、その位置のデータはデータ無しとして記録しない。

ファイル名 : *****_ g.txt (はメッシュ間隔とする)

ファイル構造 : Id、ファイル内でユニークな一連番号で左上を始点、右下を終点にし、行、列の順に昇順になるようにソートする。

Id1,x1,y1,z1,A1	x1,y1 :	計測点座標値 (m 単位で少数点以下第 2 位まで)
Id2,x2,y2,z2,A2	z1 :	標高値 (m 単位で少数点以下第 2 位まで)
: :	A1 :	地表面属性値、真=1、偽=0、水部=9999
Idn,xn,yn,zn,An,		

地表面属性値は、グリッド内にグラウンドデータが存在するとき(真)とそれ以外のデータ(偽)に分け、また水部ポリゴンに含まれるとき(水部)とし、それぞれ属性値を真の時は 1、偽の時は 0、水部の時は 9999 を付す。範囲外の時はデータ無しとして記録しない。

等高線データ(拡張 DM 形式)

等高線データは、拡張 DM 形式に準拠するものとするが、数値化区分及び地図情報レベル区分は以下のとおりとし、中断せず一本のライン情報とする。

数値化区分	6(航空レーザ測量成果を用いる方法)
地図情報レベル区分	作成したグラウンドデータ又は、メッシュデータ 間隔により第 45 条にて決定

なお、地図や数値地図への運用に関しては、公共測量作業規程のデジタルマッピングデータファイル仕様(付録 7)に従い加工して、地形図(平面図)等を作成するものとする。

等高線データ(他のフォーマット例)

フィルタリング点検図に利用する等高線データは以下のフォーマットとする。

データ形式は **sxf(p21)**形式、**DGN** 形式、**DXF** 形式、**SHAPE** 形式とする。

- DGN 形式、DXF 形式については以下の表のような要素属性とする。

項目	データタイプ	レイヤ
主曲線	ポリライン	1
計曲線	ポリライン	2

- SHAPE 形式については、2次元で以下のような属性を付加する。

標高値として、**contour** フィールドに等高線データの高さを入れる。

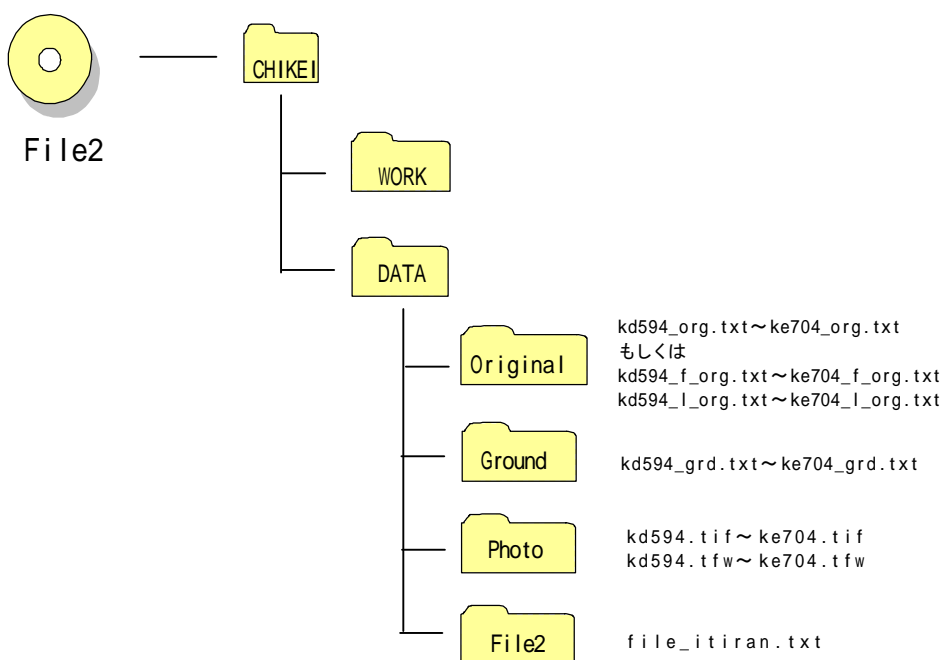
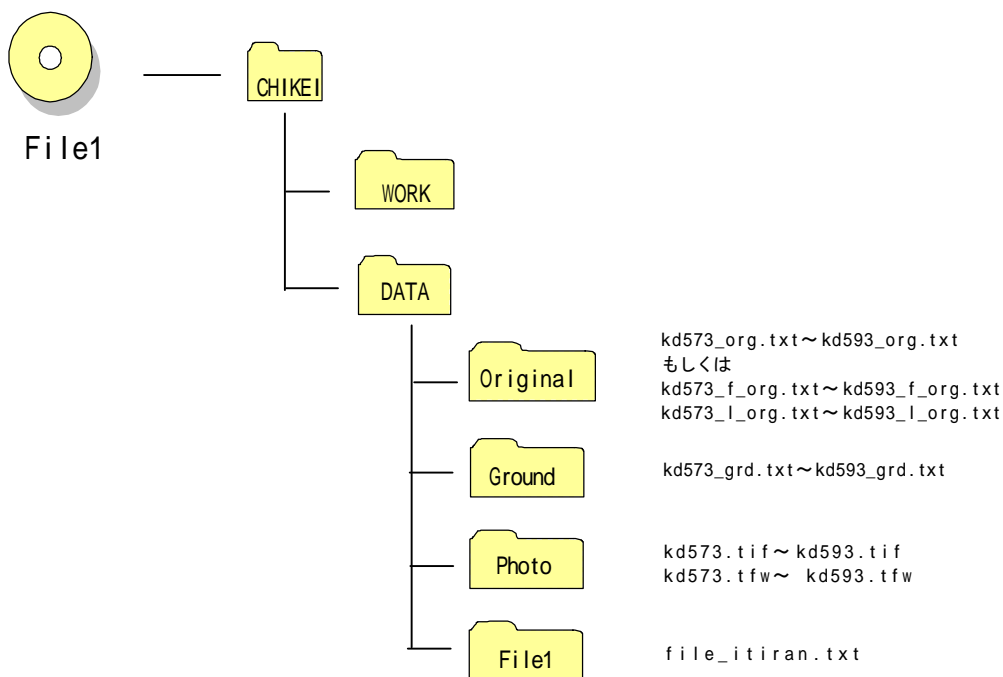
主曲線と計曲線の区別として **Layer** フィールドに上記の表のレイヤコードを入れる。

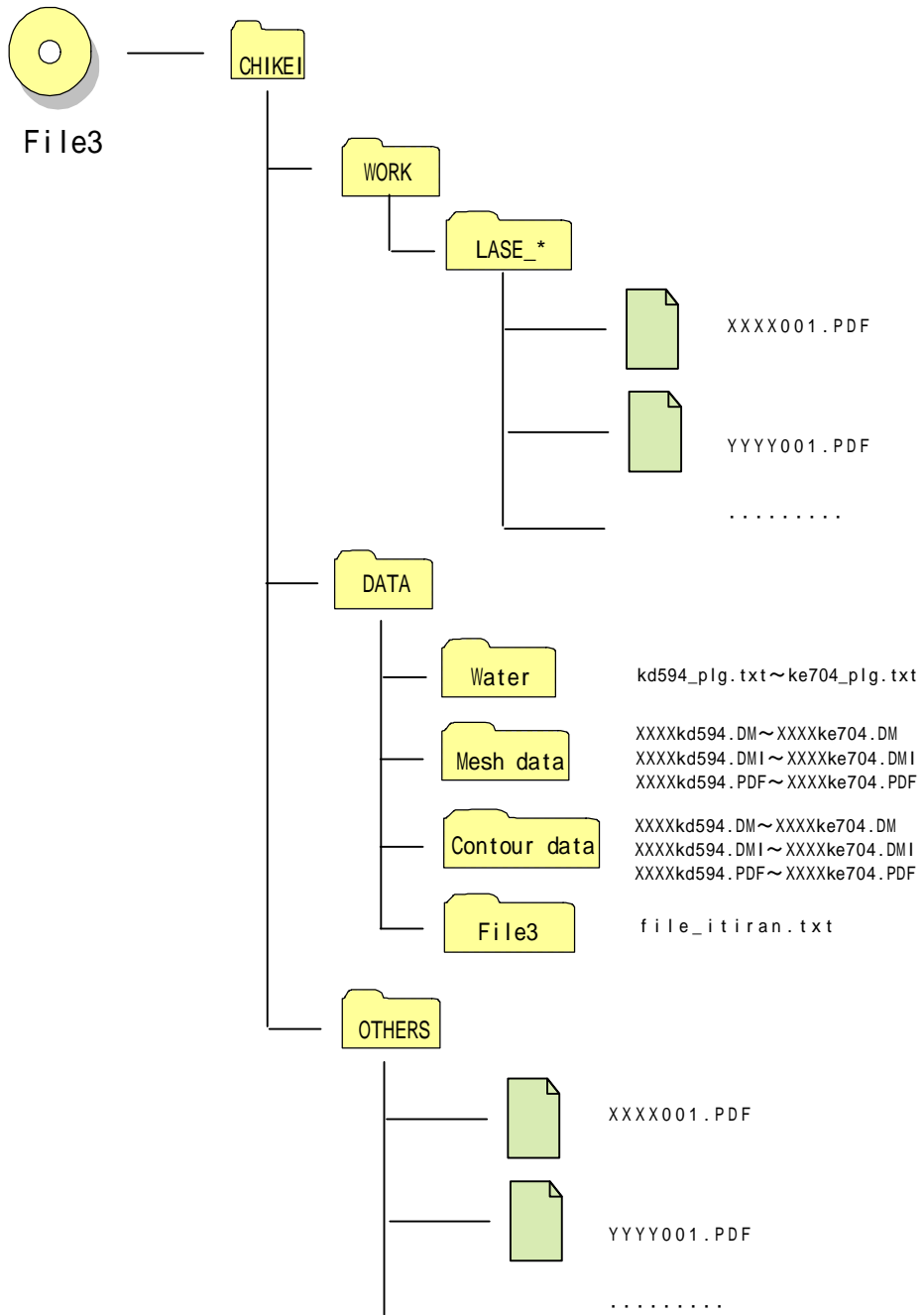
ディレクトリー構造について

ディレクトリー構造は、次のとおりとする。作成するファイルはデータ群Aとデータ群Bの2種類とする。なお、本ディレクトリー構造は、測量成果電子納品要領（案）等に準拠している。

データ群Aには、オリジナルデータ、グラウンドデータ、地表面画像の各データ、また、データ群Bには、水部ポリゴンデータ、メッシュデータ、等高線データの各データを格納する。各メディアには、同一基本図の各データを格納する。ファイルの命名については、別表1を参照すること。

また、メディア毎に、格納されているファイル名一覧表を作成し、格納する。
 なお、フォルダ名は次のとおりとする。





別表1 航空レーザの成果品とファイル形式等

測量細分類	成果等の名称	ファイル形式	ファイル名	フォルダパス	備考
航空レーザ測量(キャリブレーション記録)	航空レーザ測量システム点検記録	PDF	CL*D1nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
航空レーザ測量 (レーザ計測)	飛行・計測諸元計画表	PDF	CL*H1nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	航空レーザ計測記録	PDF	CL*H2nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	航跡図	PDF	CL*H3nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	計測漏れ点検図	PDF	CL*H4nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	欠測率調査表	PDF	CL*D2nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	レーザ計測点検表	PDF	CL*D3nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	GPS 基準局明細表	PDF	CL*D4nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	GPS 手簿、記簿、基線解析結果	PDF	CL*D5nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	GPS 測量の様式に準拠
航空レーザ測量 (標高点検)	調整用基準点調査表	PDF	CL*D6nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	調整用基準点明細表	PDF	CL*D7nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	コース間点検ポイント残差表	PDF	CL*D8nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	調整用基準点・コース間点検ポイント配点図	PDF	CL*F1nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	調整用基準点残差表	PDF	CL*E1nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	地区間検証結果表	PDF	CL*D9nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	基準点測量に準ずる測量記録(手簿・記簿など)	PDF	CL*DAnnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	基準点測量の様式に準拠
	水準測量に準ずる測量記録(手簿・記簿など)	PDF	CL*DBnnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	水準測量の様式に準拠
航空レーザ測量 (フィルタリング)	数値標高モデル作成作業記録	PDF	CL*H5nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	グラウンドデータ作成作業精度管理表	PDF	CL*G1nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
	検定機関の様式	PDF	CL*H6nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
航空レーザ測量(メッシュデータ作成)	メッシュデータ作成作業精度管理表	PDF	CL*G2nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
航空レーザ測量(数値データファイル作成)	数値データファイル作成作業精度管理表	PDF	CL*G3nnn.PDF	CHIKAI/WORK/LASE_*	
航空レーザ測量(オリジナルデータ)	オリジナルデータ(数値データ)	TXT	CL*B1nnn.TXT	CHIKAI/DATA/	
航空レーザ測量(グラウンドデータ)	グラウンドデータ(数値データ)	TXT	CL*B2nnn.TXT	CHIKAI/DATA/	
航空レーザ測量(水部ポリゴン)	水部ポリゴンデータ(数値データ)	TXT	CL*B3nnn.TXT	CHIKAI/DATA/	
航空レーザ測量(オルソフォト画像)	オルソフォト画像ファイル(数値データ)	TIF	CL*B4nnn.TIF	CHIKAI/DATA/	
	位置情報ファイル(数値データ)	TXT	CL*B5nnn.TFW	CHIKAI/DATA/	ワールドファイル仕様

測量細分類	成果等の名称	ファイル形式	ファイル名	フォルダパス	備考
航空レーザ測量 (メッシュデータ)	メッシュデータファイル (数値データ)	拡張 DM	CL*B6nnn.DM	CHIKAI/DATA/	協議により他の フォーマットも可
	メッシュデータ インデックスファイル	拡張 DM	CL*B7nnn.DMI	CHIKAI/DATA/	
	メッシュデータファイル説明書	PDF	CL*B8nnn.PDF	CHIKAI/DATA/	
航空レーザ測量 (等高線データ)	等高線データファイル (数値データ)	拡張 DM	CL*B9nnn.DM	CHIKAI/DATA/	協議により他の フォーマットも可
	等高線データ インデックスファイル	拡張 DM	CL*B10nnn.DMI	CHIKAI/DATA/	
	等高線データファイル説明書	PDF	CL*B11nnn.PDF	CHIKAI/DATA/	
その他	測量機器検定証明書	PDF	ZOTJ1nnn.PDF	CHIKAI/OTHR/	
	ファイル説明書	PDF	ZOTJ2nnn.PDF	CHIKAI/OTHR/	
	GPS 基準局配置図	PDF	ZOTJ3nnn.PDF	CHIKAI/OTHR/	
	航空レーザ計測作業日誌	PDF	ZOTJ4nnn.PDF	CHIKAI/OTHR/	

グラウンドデータ作成作業精度管理表

平成 年 月 日

作業地区名	作業量	k m ²	作業機関	
			主任技術者	印
			点検者	印

フィルタリングの点検記録								備 考
図 名	交 通 施 設			建物等	小物体	水部等	植 生	その他
	道路施設 等	鉄道施設 等	移動物体					

注 1 : 1/5,000 国土基本図単位でまとめて、1/2,500 国土基本図単位に記録する。

注 2 : フィルタリングの点検記録は、不処理の数を面単位で記載する。

メッシュデータ作成作業精度管理表

平成 年 月 日

作業地区名	作業量	k m ²	作業機関	
			主任技術者	印
			点検者	印

メッシュデータ作成作業の点検記録					備 考
図 名	標高値の誤り	グリッドの不備	属性データの不備	接合の不備	

注 1 : 1/5,000 国土基本図単位でまとめて、1/2,500 国土基本図単位に記録する。

注 2 : 点検記録は、不処理の数を記載する。

数値データファイル作成作業精度管理表

平成 年 月 日

作業地区名		作業量	k m ²	作業機関	
1/2,500図名				主任技術者	印
				点検者	印

数値データファイル作成作業の点検記録								備 考
項 目	ポイント図形ファイル構造の良否	ポイント属性ファイル構造の良否	ヘッダフォーマットの良否	テキストフォーマットの良否	ポイント図形ファイル構造の良否	ポイント属性ファイル構造の良否	ポリゴン図形ファイル構造の良否	
オリジナル・グラウンドデータ								
メッシュデータ								
地表面属性データ								
水部ポリゴンデータ								

注1：点検記録は、不処理の数を記載する。