

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）
公共測量作業マニュアル（案）

平成 18 年 9 月

国土交通省国土地理院

目 次

[序] 概説	1
1. はじめに.....	1
2. デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）とは.....	1
1) 直接定位撮影.....	2
2) 空中写真の数値化.....	5
3) 数値写真を用いた同時調整.....	8
4) デジタルステレオ図化機を用いた数値図化.....	12
3. デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）公共測量作業マニュアル（案）	13
1) 目的と適用範囲.....	13
2) 本マニュアルの構成.....	14
3) 本マニュアルの規定.....	14
第1編 総則	15
第2編 デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）	19
第1章 概説	19
第2章 デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）	20
第1節 作業計画.....	20
第2節 直接定位撮影.....	20
第3節 空中写真の数値化.....	34
第4節 同時調整.....	40
第5節 数値図化.....	45
第3編 資料	49
第1章 標準様式	49
GPS 基準局観測記録簿.....	49
GPS 観測データファイル説明書.....	49
撮影記録簿.....	50
撮影コース別精度管理表.....	51
直接定位計算精度管理表.....	52

空中写真の数値化 作業記録簿・点検記録簿	53
空中写真の数値化 撮影コース別精度管理表	54
空中写真の数値化 撮影ロール別精度管理表	55
数値写真一覧表.....	56
同時調整精度管理表.....	57
数値図化精度管理表.....	58
空中写真用スキャナ機器点検要領（案）	59
空中写真用スキャナ機器点検証明書.....	61
直接定位装置機器点検要領（案）	67
第2章 参考資料	69
2.1 実証実験結果	69
1) 直接定位撮影.....	69
2) 同時調整.....	71
3) 数値図化.....	73
2.2 事例集	75
直接定位装置機器点検証明書の事例.....	75
空中写真用スキャナの定期点検証明書の事例	78
同時調整 成果表の事例	82
同時調整 基準点残差表の事例.....	83
同時調整 座標測定簿の事例	84
同時調整 計算簿の事例	85

〔序〕 概説

1. はじめに

国土交通省公共測量作業規程（平成 14 年 3 月 20 日国土交通大臣承認）では、第 4 編数値地形測量によりデジタルマッピングデータファイルの作成及び修正方法を規定している。この中でデジタル空中写真測量によるデジタルマッピングデータファイルの作成は、第 3 章デジタルマッピングにおいて測量の後工程である(8)数値図化、(9)地形補備測量、(10)数値編集、(11)現地補測及び補測数値編集、(12)DM データファイルの作成、(13)地形図原図作成、(14)成果等の整理について既に平成 8 年版建設省公共測量作業規程の改定が行われている。一方、測量の前工程に当たる(1)作業計画、(2)標定点の設置、(3)対空標識の設置、(4)撮影、(5)刺針、(6)現地調査、(7)空中三角測量については、アナログ手法である第 3 編地形測量の第 3 章空中写真測量第 2 節～第 8 節の規定の準用となっている。

また、本作業規程には、空中写真のロールフィルムを数値化した数値写真を用いる手法についても言及されているが、情報技術（IT）の進展に伴った数値写真を使用する手法については規定されてなく、対応が望まれていた。例えば、空中写真用スキャナを使用した数値写真の作成は、空中三角測量の調整計算に用いるパスポイント及びタイポイントは数値写真から画像関連によって作成される場合も多くなってきている。デジタルステレオ図化機においては、空中三角測量で得られた成果（外部標定要素）を用いてステレオモデルを再現することができるようになり、従来の図化時に行わなければならない相互標定や絶対標定は不要となっている。また、航空カメラに直接定位装置を装備して撮影（以下、「直接定位撮影」という。）することにより、撮影時に空中写真の外部標定要素が直接計測できるようになり、空中三角測量を行わなくても数値図化ができる場合も生じている。

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）公共測量作業マニュアル（案）（以下、「本マニュアル」という。）では、これらの状況を踏まえ、直接定位撮影、空中写真の数値化、数値写真を用いた空中三角測量及び数値写真による数値図化を作業規程第 3 章デジタルマッピングに取り込んで「デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）」と位置付け、標準的な作業方法と測量成果の品質基準を明示し、公共測量におけるデジタルマッピングデータファイル作成の効率的な実施と利用促進を図ることを目的として取りまとめたものである。

なお、本マニュアルで規定した各基準値はデジタルオルソ作成の公共測量作業マニュアルの基準値を満たしており、共通する工程である(2)直接定位撮影、(3)空中写真の数値化、(5)同時調整は、デジタルオルソ作成に使用することができる。

2. デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）とは

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）とは、フィルム航空カメラにより直接定位撮影された数値写真を用いて空中写真測量等により、地形、地物等にかかわる地図情報をデジタル形式で測定し、電子計算機技術により、体系的に整理された数値地形図を新たに構築する作業をいい、地形図等の原図作成を含むものとする。

デジタルマッピングとの相違は、空中写真の撮影と同時に直接定位装置により外部標定要素を取得すること、空中写真用スキャナを用いて空中写真を数値化すること、外部標定要素と数値写真により写真間の関係を同時調整して外部標定要素の精度を向上させること、同時調整で得られた外部標定

要素を用いて数値図化用のステレオモデルを再現することである。

直接定位により撮影時に外部標定要素が得られるため、標定点や対空標識の設置が不要となる。一方、直接定位のみでは直接定位結果と地上座標系との結合や空中写真間での光束の結合が不十分となるため、同時調整が必要となる。

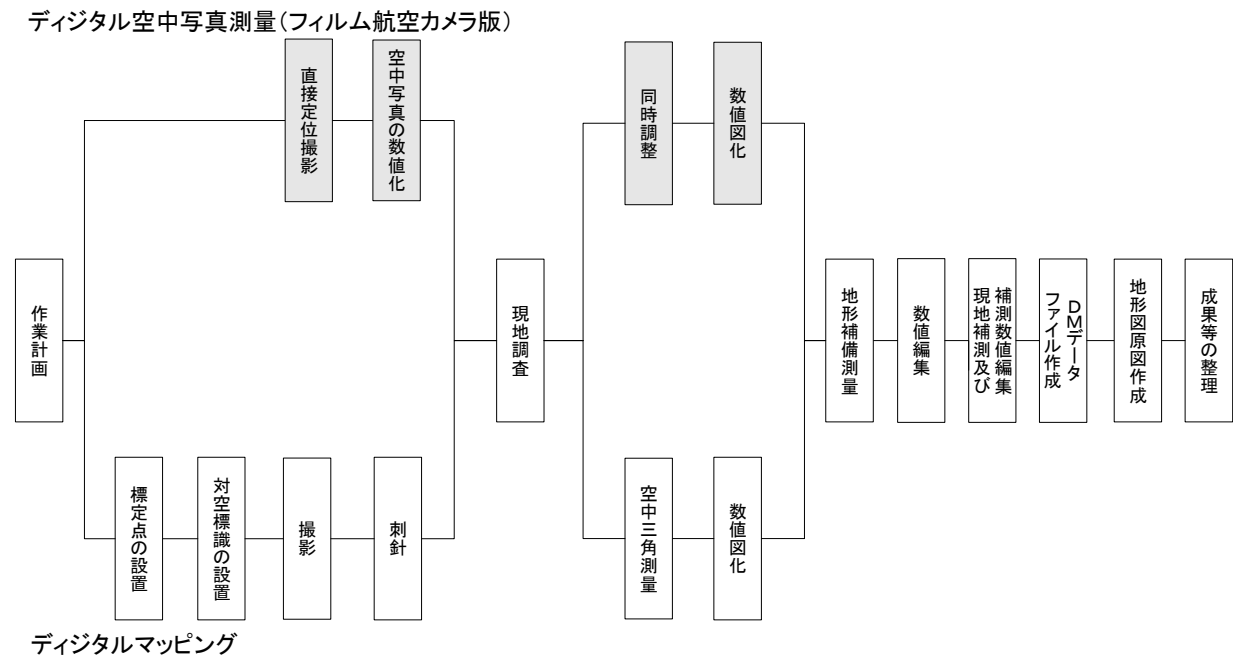


図 1 工程別作業区分及び順序

1) 直接定位撮影

空中写真の直接定位撮影では、測量用の2周波GPS (Global Positioning System) 受信機とIMU (Inertial Measurement Unit、3軸のジャイロと3軸の加速度計から構成される慣性計測装置) とから構成される直接定位装置 (GPS/IMU システム) を航空カメラに装備し、空中写真の撮影と同時に露出時の精密な位置と姿勢を測定する。航空機の機体頂部でGPS観測を、航空カメラに付設してIMU観測を、地上の基準点上でGPS観測 (以下、「GPS基準局」という。) を行うことによって、撮影された空中写真ごとに撮影主点の3次元測地座標と空中写真の回転角 (κ 、 ϕ 、 ω)、いわゆる空中三角測量の成果 (空中写真の外部標定要素) が算出できる。GPS基準局には、電子基準点を用いることもできる。

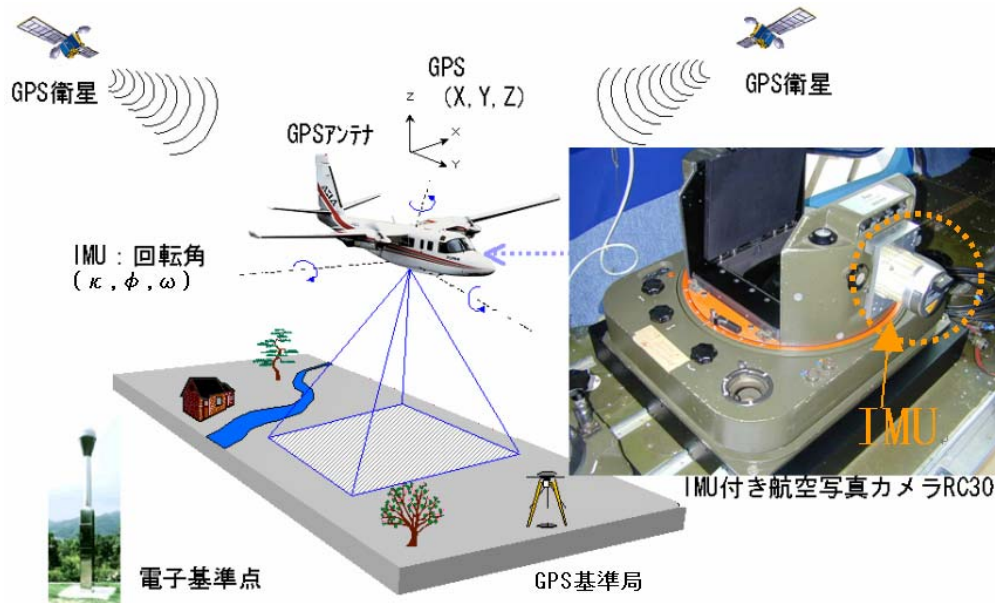


図 2 直接定位撮影の概要

近年、直接定位装置は航空機搭載型のフィルム航空カメラやレーザ測距装置をはじめとする各種センサ等に統合して搭載され、幅広く実用されている。ここでは、直接定位装置の特徴・機構、そして得られる外部標定要素の特性等について解説する。

■ 直接定位装置の機構

GPS は高精度な絶対位置情報を提供することが可能であるが、測定間隔が比較的長く、低頻度（1～0.1 秒）で姿勢情報は計測できない。また、GPS 衛星の受信状況より解の劣化や欠損が発生する。これに対して IMU は、直交する 3 軸の傾きと加速度を測定して移動方向・速度・距離等を計算し高頻度（0.016～0.005 秒）で相対位置と姿勢の連続測定が可能である。しかし、時間とともに累積する誤差の影響により正確な位置情報は提供できなくなる。

直接定位装置は、GPS と IMU の優位点を相互に利用・融合・統合することで、双方の誤差要因を排除し、高精度な位置と姿勢情報を連続的に高い頻度で提供可能である。

直接定位装置の構成は、以下のとおりである。

- ①航空機搭載 2 周波用 GPS 受信アンテナ及び受信機
- ②IMU
- ③制御装置、GPS 及び IMU のデータ記録装置
- ④2 周波 GPS 基準局
- ⑤後処理解析ソフトウェアとコンピュータシステム

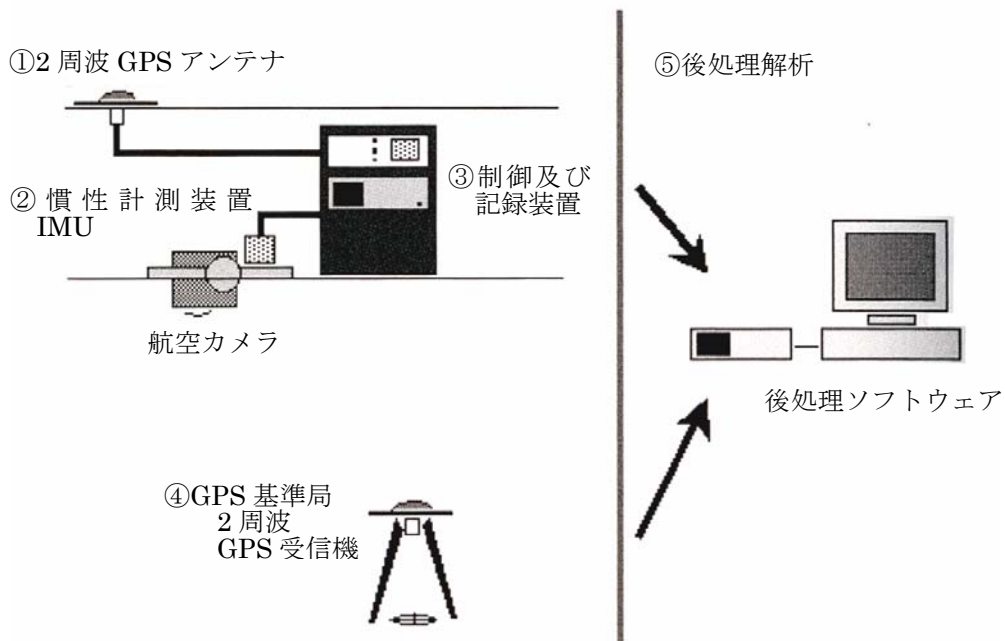


図 3 直接定位装置の構成

直接定位撮影では、直接定位装置の GPS 観測では 1~0.5 秒間隔、同 IMU 観測では 0.005~0.016 秒間隔、地上の GPS 基準局では 1 秒あるいは 30 秒間隔で観測データが記録される。

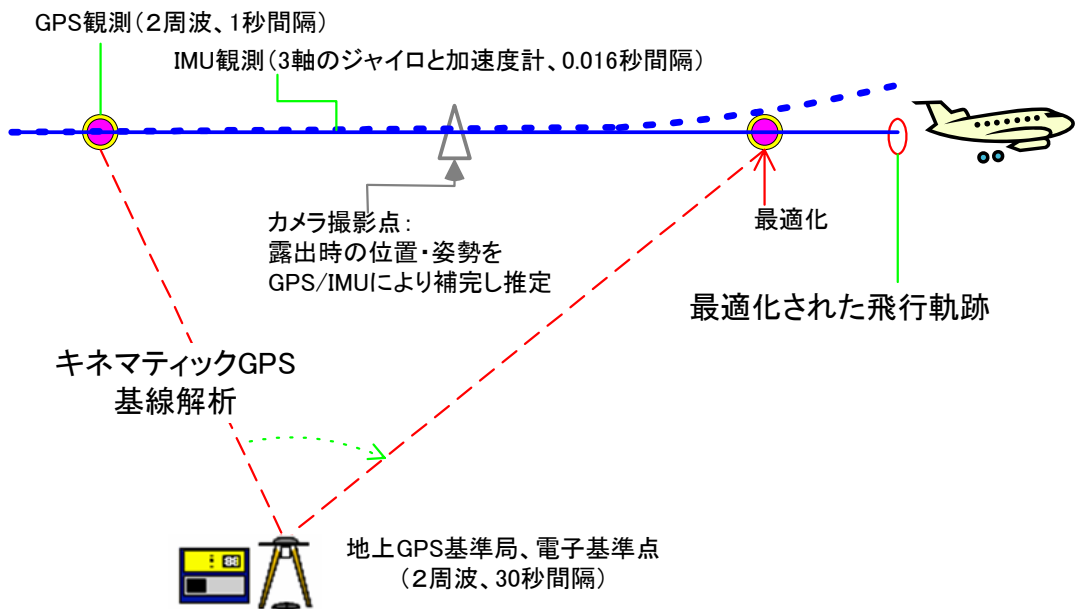


図 4 直接定位のデータ取得機構

観測されたデータは、次の手順で解析される。

- (a) 直接定位装置で取得した GPS 観測データと GPS 基準局で取得した GPS 観測データ (30 秒間隔の場合は 1 秒間隔等に補間) を使用して干渉測位によるキネマティック解を求める。

- (b) GPS の位置データで初期化された IMU 観測データから軌跡を求め、この軌跡と GPS の位置データをカルマンフィルターにて解析して誤差モデルを推定する。
- (c) この結果から再度軌跡を計算する繰り返し計算によって誤差モデルを改善し最適解を求める。これにより撮影時の空中写真の主点位置及び回転角が得られ、外部標定要素が算出できることとなる。

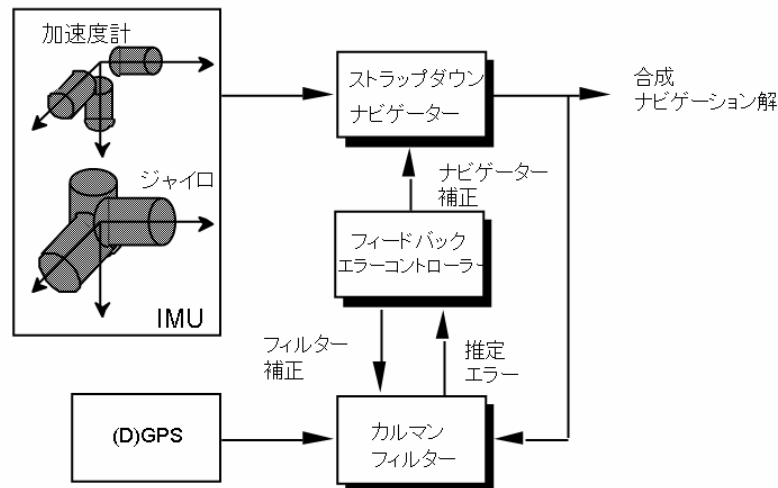


図 5 直接定位解の算出フロー

■ 直接定位による外部標定要素の特性

直接定位により得られた外部標定要素は、基準点・パスポイント・タイポイントを用いて空中三角測量手法で算出した外部標定要素とは異なり、モデル間、コース間の整合性が調整されていない。その反面、地上基準点の精度や配置に影響されずに撮影地域全体における均質な精度を有する。ただし、GPS 座標系と地上座標系との間で定誤差が発生することもある。

■ 点検と精度管理

直接定位撮影における精度管理は、事前の撮影計画や撮影時の受信状況、観測した GPS 及び IMU 観測データの後処理工程における 1)データ抽出、2)干渉測位によるキネマティック解析、3)最適軌跡解析において精度に影響する重要な処理項目を整理して点検一覧表等を作成し、各項目を十分確認する必要がある。

また、直接定位装置の機器点検を、ボアサイトキャリブレーションで行う必要があり、本マニュアルに規定した基準値に従って精度管理と点検を行うことが重要である。

2) 空中写真の数値化

1990 年代から、スキャナを使用して数値化したステレオ数値写真から標高値を自動的に取得するステレオマッチング技術が実用化されたことや安価で操作性の高いデジタルステレオ図化機の普及が進んだことにより、空中写真の数値化が盛んに行われるようになってきた。その当時から多くのメーカーにより多種のスキャナが製造販売されてきたが、現在では LeicaGeosystems 社、Z/I Imaging 社、Vexcel 社の 3 メーカーに限定されている。ここでは、空中写真用スキャナの特徴・機

構、及び数値写真の特性等について解説する

■ 空中写真用スキャナの機構

空中写真を数値化するため、スキャナ（走査型微小濃度計）が使われるが、これらを大別すると機械式と電子式に分類され、空中写真用スキャナとしては、機械式であるフラットベッド型が採用されている。

フラットベッド型スキャナでは、写真架台上に置かれたフィルムに上から光源があてられ、フィルムを透過したエネルギーの総和を感光素子（CCD）により検出する。フィルムあるいは感光素子の移動により、各行列位置のフィルム濃度を取得することで画像データを蓄積する。

長所としては、以下のものが挙げられる。

- 写真架台の移動精度が高いため、幾何学的精度が高い。
- 精密ガラス板によるキャリブレーションが可能である。
- ダイナミックレンジが広い。
- ロールフィルムへの対応が可能である。

短所としては、幾何学精度を保持する必要があるため、ハードウェアが高価となる。

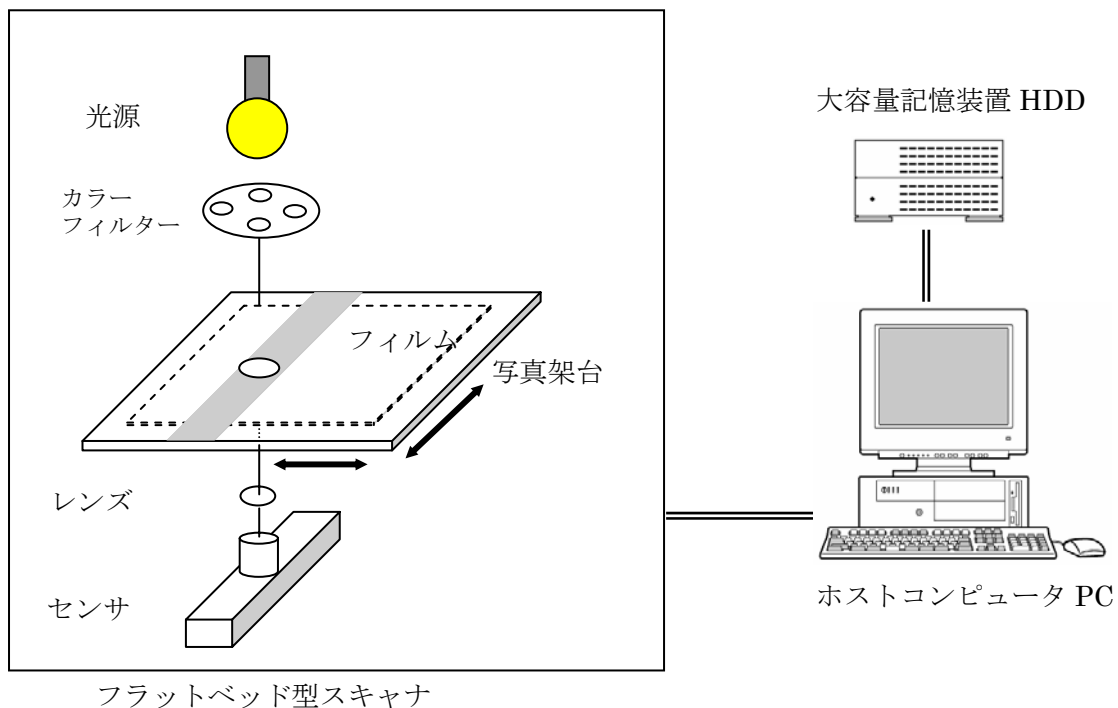


図 6 空中写真用スキャナの一般的な構成図

■ 空中写真のロールフィルムからの数値写真の特性

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）は、空中写真のポジフィルムではなく数値化された写真を利用する。この点がデジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）と従来の空中写真測量との相違点であり、デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）では数値写真の特性を理解することが重要である。

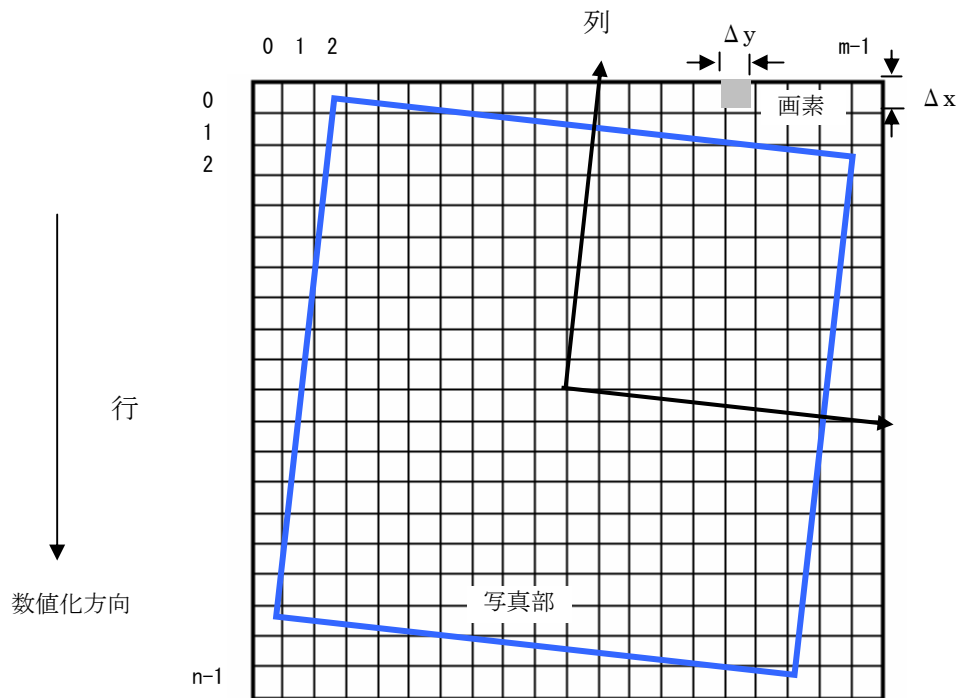


図 7 数値写真の画像座標

空中写真のロールフィルムから数値化する場合、以下の項目を整理して、数値写真の特性を把握する。

① 空間解像度と幾何精度

数値化時の画素の大きさ (Δx , Δy) を小さくすれば、オリジナルのアナログ写真を正確に近似できる。しかし、画素の大きさが小さくなればなるほど、数値写真のデータ容量は二乗で増加していく。そのため、幾何精度を考慮し最適な空間解像度を知る必要がある。航空カメラで撮影されたロールフィルムの解像度を再現するには、白黒ロールフィルムの数値化寸法が最大 80lp/mm 程度であるといわれているため、 $1\text{mm} \div (80 \times 2) = 0.00625\text{mm}$ あればよいといえる。カラーフィルムの解像度は、白黒フィルムの半分程度である。

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）では、リサンプリング処理により、最大 10 分の 1 のサブピクセル精度での計測が可能である。そのため、要求される空間解像度が必ずしも必要はないといわれている。このことを考慮した数値化寸法とする必要がある。

② 画像の色階調

空中写真のロールフィルムを数値化し画像の色階調値として量子化する場合、空中写真の濃淡を再現するために必要とされる階調数はどの程度必要かという問題がある。空中写真用スキャナでは、8bit、12bit、16bit というように量子化時の階調を選択できる。しかしロールフィルムでは、現像処理等の影響もありモノクロ階調で 7-8bit 程度であり、量子化に必要とされる階調は、8bit ($2^8=256$ 階調) で十分である。しかし、空中写真が持つ濃度値の範囲を適切に捉えることは困難なため、実際には 10bit 以上の階調が必要である。

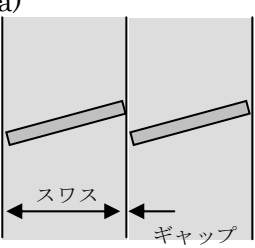
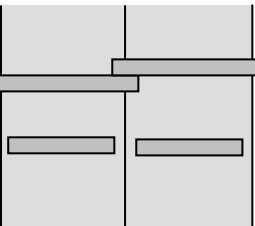
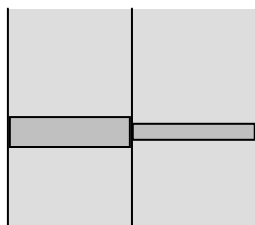
■ 点検と精度管理

数値化された空中写真の幾何的な品質が、デジタル空中三角測量・数値図化等すべての計測精度に影響を与える。従って、精密座標測定機ステコメータ等を用いて従来のポジフィルムで行われていた測定精度に準じる精度、すなわち 0.002mm 以上の精度が、空中写真の数値化に要求される。この精度を維持し日常の数値化を実施しなければならない。数値化時にはセンサの調整不良による潜在誤差が発生する可能性がある。そのため、空中写真の数値化における精度管理は、以下の項目について検討をする必要がある。

- ① 使用する空中写真用スキャナ機器の点検
- ② 通常数値化における空中写真用スキャナキャリブレーション
- ③ 数値化された空中写真ごとのボケ・歪み等の画像品質

そして、これら項目の確認方法や良否判定基準の設定が必要である。

表 1 ライセンサの調整不良による潜在誤差

<p>平行性に起因する問題</p>	<p>(a)</p>  <p>並列でないセンサが引き起こすセンサ間のギャップ</p>
<p>スケールに起因する問題</p>	<p>(b)</p>  <p>スキャン方向での誤ったスケール効果で発生するスワス間での重なりやギャップ</p> <p>(c)</p>  <p>スキャン方向でのスケール差異が引き起こす不均一な画素サイズ</p>

スワス：ラインセンサを横断する方向で写真架台が移動することで、細い帯状にフィルムが数値化される範囲のこと

3) 数値写真を用いた同時調整

同時調整とは、直接定位撮影による外部標定要素と数値写真間を連結したパスポイント・タイポイントを、ブロック調整により同時に調整してより高精度な外部標定要素あるいはパスポイント・タイポイント座標を得ることをいう。数値写真を用いた同時調整はデジタル写真測量システムによって

行われる。デジタル写真測量システムは、従来のアナログ図化機あるいは解析図化機と異なり、特別に設計されたハードウェアではない。現在ではパーソナルコンピュータと、画像のステレオ視を可能とするステレオディスプレイ装置が基本構成となっている。また、カーソル（メスマーク）の3次元移動をよりスムーズに行うための三次元マウスやハンドル、Z 盤等も装着可能な機種も存在する。ステレオディスプレイ装置としては偏光シート型、液晶シャッター型等が多く採用されている。また、簡易的に余色実体で表示する機種も存在する。画像計測ではサブピクセル単位の計測ができるよう設計されている。ディスプレイは、ステレオ視用とオペレーションや図化データ表示用の 2 台構成となっていることが多い。

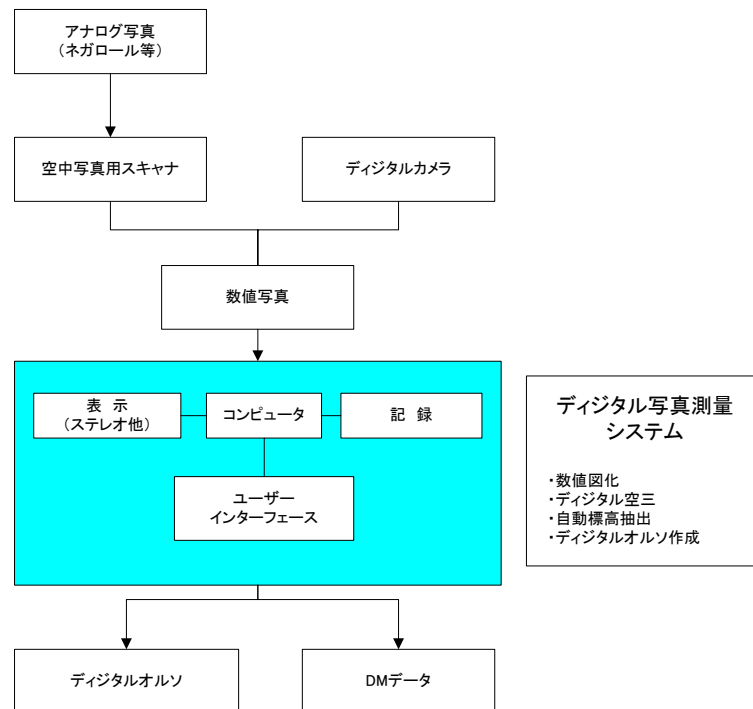


図 8 デジタル写真測量システムの概要

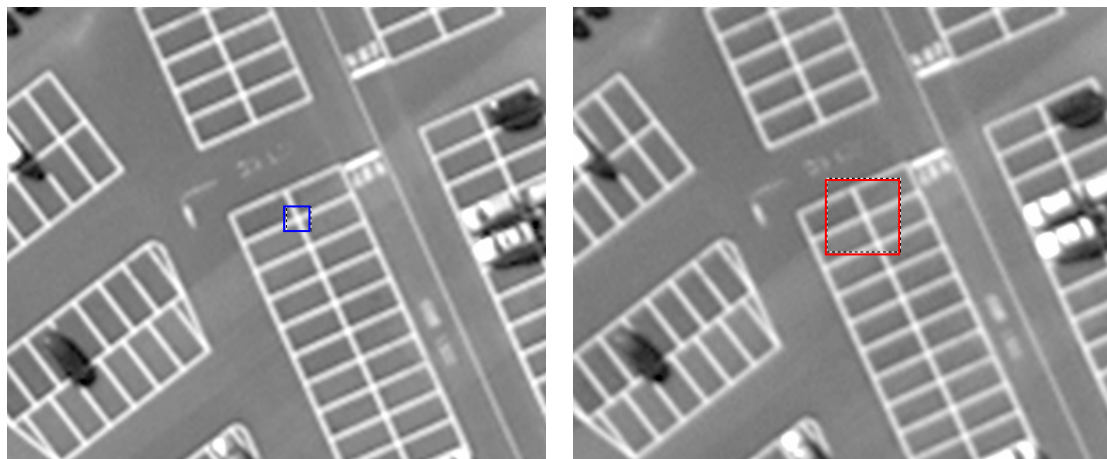


図 9 デジタル写真測量システム

デジタル写真測量システムの心臓部はソフトウェアであり、従来の解析図化機の機能をそのまま反映した標定機能や数値図化機能といった基本的な機能から、画像相関による自動タイポイントマッチング機能を含むデジタル空中三角測量機能、DTM 作成のための自動標高抽出機能、デジタルオルソ画像の作成機能、直接定位装置による外部標定要素の読み込み機能等、様々な機能により構成される。

数値写真を用いたデジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）では、自動抽出によるパスポイント・タイポイント抽出機能の登場により、従来の空中三角測量の作業工程が大きく変わり、アルゴリズムの改良と、機器の処理能力の向上により更なる効率化が図られている。従来の空中三角測量との相違点は、選点、点刻という作業がなくなり、配置を設定して自動取得によりパスポイント・タイポイントの取得を行うことである。精度保持に必要な最低限の点をマニュアルで観測する従来法に対し、画像処理技術を用いて大量の候補点を取得、調整計算等を行い、統計的な処理により不良点を除外するという手法が用いられる。

数値写真による画像相関には、エリアマッチング、特徴量マッチング等が用いられる。エリアマッチングでは元となる画像の特定範囲の濃淡値と類似性の高い範囲を検索する手法がとられ、相互相関法や、最小二乗マッチング法等がある。特徴量マッチングでは、特徴点やエッジを原画像から抽出した後、これらを用いたマッチングが行われる。ソフトウェアによっては、エリアマッチングと特徴量マッチングを組み合わせた処理や、マッチング時の検索範囲の絞り込みにエピポーラ画像を用いる手法、多段階の解像度の画像を用いた多段階法等が複合的に用いられている。



(a) テンプレート

(b) 検索ウィンド

図 10 エリアマッチングの概念図

図 10 はエリアマッチングの概念を示したもので、写真 (a) の四角部分が基準となる範囲であるテンプレート、写真 (b) の四角部分が共通部分の検索を行うための検索ウィンドである。地上寸法 30cm の画像上で 7×7 画素のテンプレートと 21×21 画素の検索ウィンドを設定した例を示している。

図 11 は、エピポーラ幾何を表したものである。投影中心と写真に写った点、及び対象物は一直線上に存在する（共線条件）ため、対象物が立体を構成するそれぞれの写真上に写っていれば、写真上の対象物は、対象物と両方の投影中心の 3 点で構成される面が空中写真と交差する線（エピポーラライン）上に写し込まれていることになる（共面条件）。このエピポーララインが写真基線と平行になるように最配列した数値写真をエピポーラ画像といい、エピポーラ画像ではエピポーララインは画像の座標軸と平行となる。したがって、マッチング時の対応点検索は、理論上は画像座標軸と平行方向のみとなり、検索範囲の大幅な絞り込みが実現する。

図 12 は画像ピラミッドによる多段階法の概念図を示したものであり、マッチングは間引きされた粗い画像から開始され、効率的に検索範囲を絞り込みながら最終的には原画像でのマッチングが行われる。

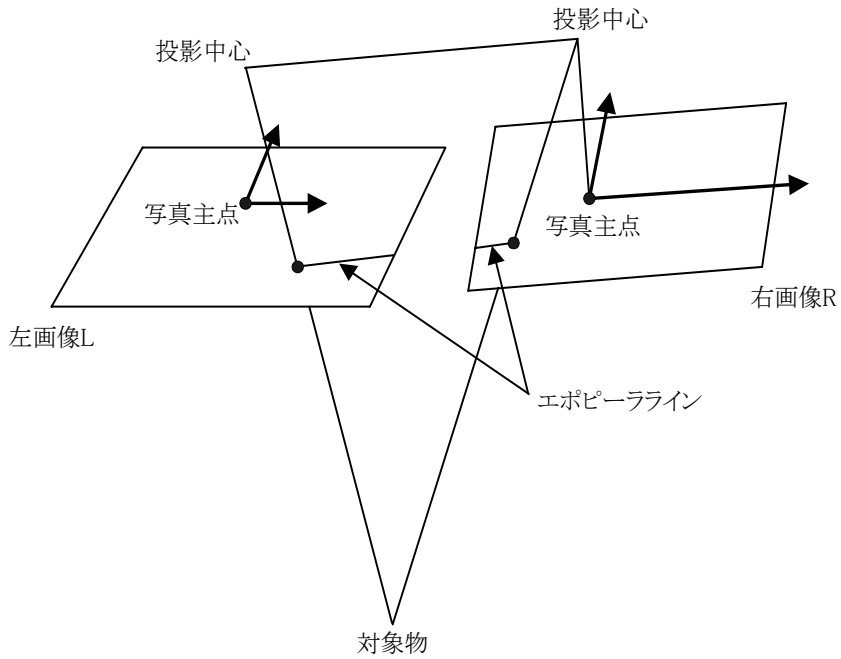


図 11 エピポーラ幾何の概念図

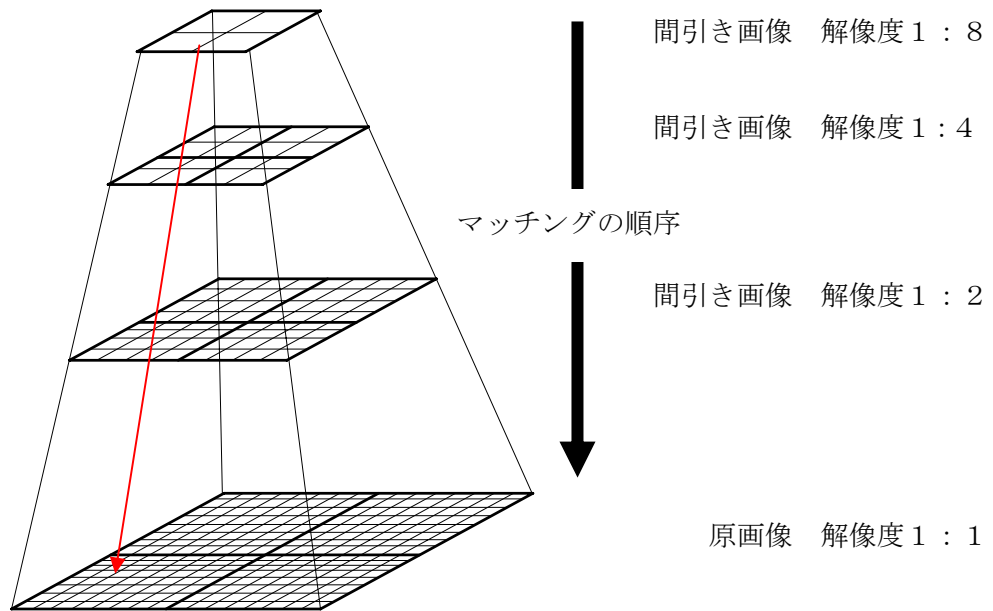


図 12 画像ピラミッドによる多段階法の概念図

マッチング処理によって生成されたパスポイント・タイポイントはミスマッチングによる異常点を含む場合が多い。また、生成される点数は従来手法に比べて大量である。これらの点から異常値を検索し除去するためには、自動異常値検索の機能が必須である。自動異常値検索には、仮計算を行って

交会残差を確認する方法や、調整計算を行い、各点の標準偏差等を元に異常値を検出する手法等が用いられる。

精度管理及び点検については、従来法である空中三角測量も同時調整も、点数の違い等を除き本質的な違いは無いと考えられる。国土交通省公共測量作業規程（以下、「作業規程」という。）のバンドル法による調整計算では、精度管理の指標としてパスポイント・タイポイントの交会残差、基準点残差等が用いられている。この他に画像観測の精度指標である、単位重量あたりの標準偏差（ σ_0 ）や、調整後の各点の標準偏差、外部標定要素の標準偏差等も算出される。これらは事前に与える重量や付加パラメータにより変化する可能性がある。調整計算時には、これらの関係を十分考慮した上で精度管理を行う必要がある。

デジタル空中写真測量の一方の側面として、直接定位により取得される外部標定要素を利用した処理がある。直接定位による外部標定要素は、最適推定軌跡から補間計算されるために均一かつ高精度であり、この値を近似値として使用することにより、画像関連の精度向上が図られる。さらに画像関連によるパスポイント・タイポイントとの調整を行うことにより、ブロックの強度を向上させるとともに、残存縦視差の調整はもとより、個々の観測精度の点検、GPS 座標系と地上座標系との間に生じる定誤差の排除等を行い、地上基準点数を大幅に削減することを可能としている。

本マニュアルでは、直接定位撮影後、数値化された数値写真で自動処理によるパスポイント・タイポイント生成の導入と、これらの結果と直接定位による外部標定要素との同時調整を主要項目として規定化を行っている。なお、パスポイント・タイポイントの最終配置及び各種許容範囲は現行作業規程の規定を準用している。また、写真撮影後に数値写真上で明確に判読できる地上地物を従来の標定点として使用することとしており、この点数はブロック四隅付近と中央部付近の計5点を標準とし、許容範囲を新たに設けている。

4) デジタルステレオ図化機を用いた数値図化

デジタルステレオ図化機を用いた数値図化における従来法との相違点は、ステレオモデルの構築にある。従来の空中三角測量の成果は、パスポイント・タイポイントの調整座標であり、図化工程では、内部標定、相互標定を経た後、空中三角測量により求められたパスポイント・タイポイント調整後の座標及び基準点座標等を用いて絶対標定を行うことによりステレオモデルの再現が行われた。デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）では、同時調整計算後の外部標定要素あるいは観測座標と調整後の座標を用いてステレオモデルが数値的に再現される。ここで行われる処理は内部標定のみであり、調整計算から図化まで同一のシステム環境で行われる際には、内部標定さえも実施する必要がない。

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）では、調整計算で得られた精度をそのまま図化の環境に再現することが可能となり、精度保持が可能となる。従って過誤又は機器の故障が無い限り、図化用のステレオモデルの標定精度は同時調整の精度がそのまま用いられる。

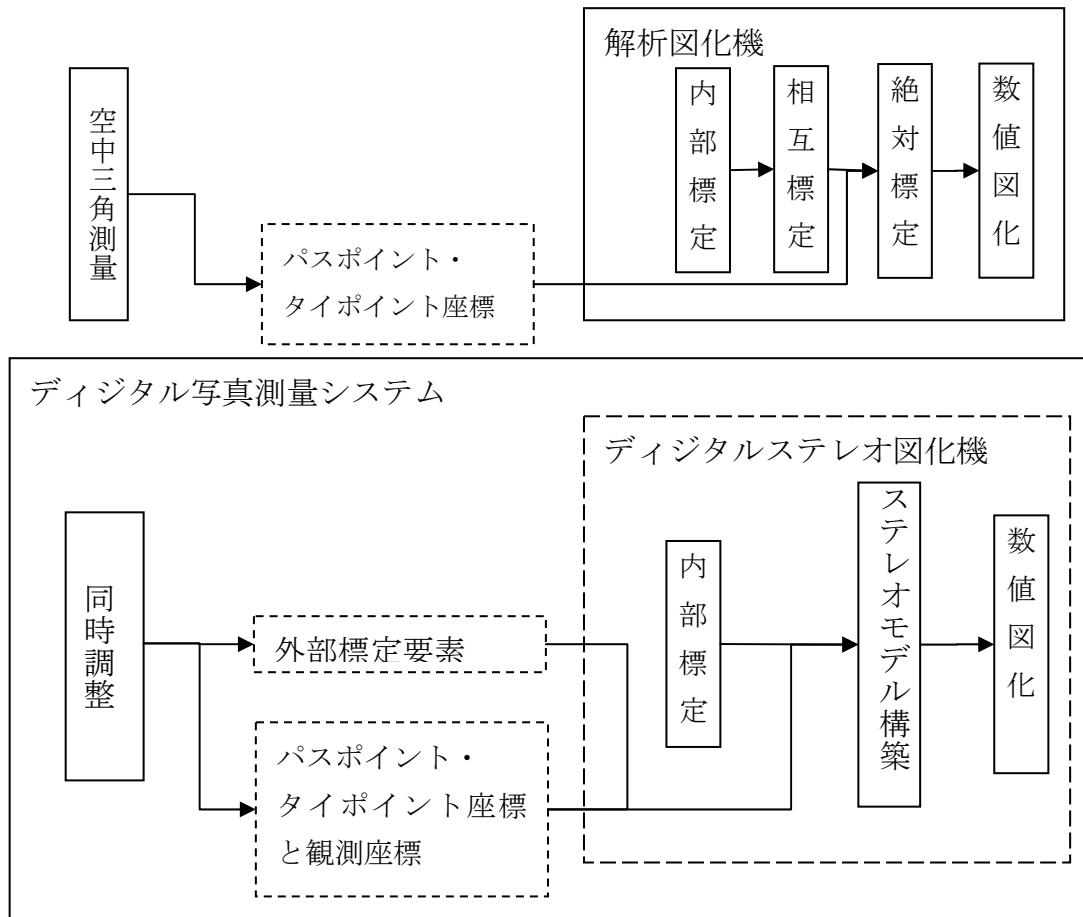


図 13 従来法とデジタル法の数値工程

3. デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）公共測量作業マニュアル（案）

1) 目的と適用範囲

本マニュアルは、作業規程第 16 条（機器等及び作業方法に関する特例）を適用し、公共測量においてデジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）を実施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、国土交通省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たり、他の作業規程のモデルともなったりしていることから、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。

① 公共測量を実施する場合

国又は地方公共団体等において、作業規程を準用している場合、作業規程第 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。

② 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、デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）を実施する際の標準的な作業方法、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、測量技術としてのデジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）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、以下のとおりである。

①第1編 総則

本マニュアルの目的、デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）を実施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。

②第2編 デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）を実施するにあたっての工程別作業区分及び作成手法、主な測量記録等の規格について規定している。

③第3編 資料

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）のための精度管理や数値写真のファイル仕様等の標準様式を規定するとともに、直接定位装置のキャリブレーション記録及び空中写真用スキャナの定期点検証明書の事例を示している。

3) 本マニュアルの規定

本マニュアルは、直接定位撮影写真の検証、直接定位成果を用いた数値写真による同時調整、数値図化実験結果をもとに規定している。また、空中写真の数値化については、基本図測量作業規程（案）（平成17年）の検討資料に準じている。

直接定位撮影写真の検証においては、概ね写真縮尺 1/4,000 及び 1/12,500 で撮影された空中写真とその直接定位データを、撮影地域から 30km 及び 70km 程度離れた電子基準点等の GPS 観測データを用いて解析した。その際、写真縮尺 1/4,000 では 3 地区、1/12,500 では 2 地区を対象とした。それぞれの地区における電子基準点での GPS 観測データは 30 秒観測値を用いるとともに、一部の地域では現地での GPS 測量による 1 秒観測データを使用した。これら写真縮尺、対象地区、電子基準点との距離の組み合わせで、15 種類の実験を行った。

直接定位データを用いた数値写真による同時調整では、直接定位撮影による空中写真（写真縮尺 1/4,000 及び 1/12,500 を各 1 地区）を数値化寸法 10 μ m で空中写真用スキャナにより数値化した数値写真と、この数値写真を再配列した 20 μ m の数値写真を用い、5つのデジタルステレオ図化機を使用してそれぞれ同時調整実験を行った。これら写真縮尺、数値化寸法、デジタルステレオ図化機の組み合わせで、20 種類の実験を行った。

数値図化では、数値化寸法 10 μ m と 20 μ m で数値化された同一の数値写真を、同一の外部標定要素でステレオモデルを構築し、同一の明瞭な地物をそれぞれ図化して取得座標を比較した。また、同一写真のポジフィルムでも図化し、地物の辺長を数値写真から図化した同一辺長と比較した。

これらの結果は、第3編第2章に記したとおりである。

第1編 総則

(目 的)

第1条 本マニュアルは、国土交通省公共測量作業規程第16条「機器等及び作業方法に関する特例」に基づいて実施する公共測量におけるデジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）の標準的な作成方法を定めることにより、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。

[解 説]

国土交通省公共測量作業規程第16条は、次のとおりである。

(機器等及び作業方法に関する特例)

第16条 この規程に定めるものと異なる機器等又は作業方法は、必要な精度の確保及び作業能率の維持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、作業の一部に用いることができる。

2 計画機関は、前項の指示又は承認をしようとするときは、国土地理院の長の意見を求めなければならない。ただし、法第36条の規定に基づく国土地理院の長の技術的助言をもってこれに代えることができる。

<第16条 運用基準>

1. 作業機関は、機器等又は作業方法を変更する場合、計画機関に対し精度を確認するために必要な資料を提出し承認を得なければならない。
2. 新しい測量技術で国土地理院が作業マニュアル等を作成した場合は、法第36条の規定に基づく、技術的助言によりこれを準用することができる。

第16条における法第36条とは、測量法第36条をいい、その条文は次のとおりである。

(計画書についての助言)

第三十六条 測量計画機関は、公共測量を実施しようとするときは、左に掲げる事項を記載した計画書を添えて、あらかじめ国土地理院の長の技術的助言を求めなければならない。その計画書を変更しようとする場合も、同様とする。

- 一 目的、地域及び期間
- 二 精度及び方法
- 三 測量作業機関の名称

注：条文は縦書きであるため、ここでは条文中、「左に掲げる事項」とは「下に掲げる事項」を意味する。

(国土交通省公共測量作業規程の準用)

第2条 本マニュアルに定めるもの以外は、国土交通省公共測量作業規程の関係規定を準用する。

[解 説]

本マニュアルでは、デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）に特有な事項について記述している。本マニュアル以外の事項は、国土交通省公共測量作業規程を準用する必要がある。

(デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）による公共測量)

第3条 公共測量でのデジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）とは、直接定位装置を装備してフィルム航空カメラで空中写真を撮影、ロールフィルムから空中写真用スキャナにより数値化した数値写真を、デジタルステレオ図化機等を用いて同時調整や数値図化を実施し、デジタルマッピングデータファイル及び地形図原図等を作成する作業をいう。

[解 説]

デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）に使用する標準的な機器とソフトウェアの構成は、直接定位装置、空中写真用スキャナ、デジタルステレオ図化機、同時調整ソフトウェアによって構成される。

1. 直接定位装置

直接定位装置は、空中写真の露出された位置と傾きを算出し、外部標定要素を作成する。

2. 空中写真用スキャナ

空中写真用スキャナは、空中写真のロールフィルムを数値化し、数値写真を作成する。

3. デジタルステレオ図化機

デジタルステレオ図化機は、ステレオモデルを構成する1対の数値写真から標高を自動抽出あるいは数値図化により数値地形モデルを作成する。

4. 同時調整ソフトウェア

同時調整ソフトウェアは、数値写真からパスポイント・タイポイントを自動抽出し、直接定位で得られた外部標定要素と合わせて調整計算を行い、数値図化に使用する外部標定要素を作成する。

(作業計画)

第4条 測量作業機関（以下、「作業機関」という。）は、作業着手前に作業の方法、使用する主要な機器、要員、日程等について適切な作業計画を立案し、これを測量計画機関（以下、「計画機関」という。）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。

(工程管理)

第5条 作業機関は、前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、作業の進捗状況を随時計画機関に報告しなければならない。

(精度管理)

第6条 作業機関は、測定の正確さを確保するため、適切な精度管理を行い、その結果に基づいて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。

2. 作業機関は、各工程別作業の終了時、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。

<第6条 運用基準>

1. デジタルマッピングデータファイルは、図郭単位に精度管理を行う。
2. 本マニュアルに規定していない工程については、国土交通省公共測量作業規程第4編第3章デジタルマッピングの規定に準ずる。
3. 点検測量率は、特に定めるもの以外は、国土交通省公共測量作業規程第12条（精度管理）運用基準の数値地形測量に準ずる。

(測量成果の検定)

第7条 作業機関は、高精度を要するもの又は利用度の高いものとして計画機関が指定する測量成果については、その提出前に、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。

<第7条 運用基準>

検定は、国土交通省公共測量作業規程第14条（測量成果の検定）の規定を準用する。

(成果及び資料等の様式)

第8条 デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）における成果、資料等は、標準的な様式で作成するものとする。ただし、成果等の使用、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。

<第8条 運用基準>

標準的な様式は、本マニュアルに規定する。

(運用基準)

第9条 本マニュアルに定めるもののほか、本マニュアルの運用に関し必要な事項については、デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）公共測量作業マニュアル（案）運用基準に定める。

<第9条 運用基準>

精度管理表の標準様式、成果表の標準様式、その他規程の運用に関し必要な細部事項は第3編第1章（標準様式）による。

第2編 デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）

第1章 概 説

第1節 要 旨

（要 旨）

第10条 デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）とは、フィルム航空カメラにより直接定位撮影された数値写真を用いて空中写真測量等により、地形、地物等にかかわる地図情報をデジタル形式で測定し、電子計算機技術により、体系的に整理された数値地形図を新たに構築する作業をいい、地形図等の原図作成を含むものとする。

（方 法）

第11条 デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）は、直接定位撮影による空中写真のロールフィルムから空中写真用スキャナにより数値化した数値写真を用いて行うものとする。

2. デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）は、直接定位により得られた外部標定要素と数値写真から得られた写真座標及び基準点による同時調整結果を用いて行うものとする。

〔解 説〕

1. 本マニュアルでは、デジタル航空カメラにより撮影された数値写真については取り扱わないものとする。

2. 直接定位撮影とは、GPS や IMU 等で構成される直接定位装置を航空機に搭載し、測量用空中写真の撮影と同時に、空中写真の外部標定要素を解析できる位置、高さ、傾斜、加速度等を取得する撮影をいう。

（数値写真の規格）

第12条 数値写真は、空中写真用スキャナを用いてロールフィルムから数値化するものとする。

2. 数値写真のロールフィルム上での画素寸法は、0.021mm 以内とする。

(工程別作業区分及び順序)

第13条 工程別作業区分及び順序は、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) 作業計画
- (2) 直接定位撮影
- (3) 空中写真の数値化
- (4) 現地調査
- (5) 同時調整
- (6) 数値図化
- (7) 地形補備測量
- (8) 数値編集
- (9) 現地補測及び補測数値編集
- (10)DM データファイルの作成
- (11)地形図原図作成
- (12)成果等の整理

2. (1) 作業計画及び(4) 現地調査、(7) 地形補備測量から(12) 成果等の整理については、国土交通省公共測量作業規程第3編第3章第7節、第4編第3章第3節～第8節の関係規定を準用する。

第2章 デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）

第1節 作業計画

(要 旨)

第14条 作業計画は、本マニュアル第4条の規定を準用し、工程別に作成するものとする。

第2節 直接定位撮影

(要 旨)

第15条 直接定位撮影とは、測量用空中写真を外部標定要素の取得とともに撮影する作業をいい、後続作業に必要な写真処理工程を含むものとする。

<第15条 運用基準>

外部標定要素は、航空機に搭載された直接定位装置により算出する。

(撮影縮尺)

第16条 空中写真の撮影縮尺は、地形図等の縮尺に応じて定める。

<第16条 運用基準>

1. 空中写真の撮影縮尺と地図情報レベルとの関連は、次表に掲げるものを標準とする。

地図情報レベル	撮影縮尺	図化倍率
500	1/3,000 ~ 1/4,000	1:6 ~ 1:8
1000	1/6,000 ~ 1/8,000	1:6 ~ 1:8
2500	1/10,000 ~ 1/12,500	1:4 ~ 1:5
5000	1/20,000 ~ 1/25,000	1:4 ~ 1:5
10000	1/30,000	1:3

2. 計画機関が指示し、又は承認した場合は、撮影縮尺を標準の80%を限度として小さくすることができる。

(航空機及び器材)

第17条 航空機、航空カメラ、直接定位装置等は、所要の性能を有するものを使用しなければならない。

<第17条 運用基準>

1. 航空機の性能

- (1) 撮影に必要な装備をし、所定の高度で安定飛行を行えること。
- (2) 撮影時の飛行姿勢、航空カメラの水平規正及び偏流修正角度のいずれにも妨げられることなく、常に写角が完全に確保されていること。
- (3) 直接定位装置を構成するGPSのアンテナが、機体頂部に取り付け可能であること。

2. 航空カメラの性能

- (1) 航空カメラは、広角航空カメラであること。ただし、撮影地域の地形その他の状況により、普通角又は長焦点航空カメラを用いることができる。
- (2) 航空カメラは、撮影に使用するフィルターと組み合わせた画面距離及び歪曲収差の検定値が、0.01mm単位まで明確なものであること。
- (3) カラー空中写真撮影に使用する航空カメラは、色収差が補正されたものであること。
- (4) 直接定位装置を構成するIMUが、航空カメラ本体に取り付け可能であること。

3. フィルムの性能

- (1) 写真処理による伸縮率の異方性が0.01%以下であること。
- (2) 伸縮率の異方性及び不規則伸縮率は、相対湿度1%について0.001%以下であること。
- (3) フィルムの感色性は、特に指定された場合を除き、全整色性であること。

(直接定位装置)

第18条 直接定位装置とは、空中写真の露出位置を解析するための航空機上と地上基準点上の GPS、空中写真の露出時の傾きを解析するための3軸のジャイロと加速度計で構成される IMU、コンピュータプログラム、電子計算機及び周辺機器で構成されるシステムで、所定の精度を有するものとする。

2. コンピュータプログラムは、干渉測位によるキネマティック GPS 解析、空中写真の露出された位置と傾きが算出できる最適軌跡解析機能を有するものとする。

<第 18 条 運用基準>

1. 直接定位装置の性能は、以下の精度を有するもの又はこれと同等以上のものとする。

項 目		性 能 (精 度)
GPS	位置	0.3m
	高さ	0.3m
	取得間隔	1 秒
IMU	ローリング角	0.015 度
	ピッチング角	0.015 度
	ヘディング角	0.035 度
	取得間隔	0.016 秒

2. 航空機搭載の GPS 受信アンテナ及び受信機の性能

- (1) GPS 受信アンテナは、航空機の頂部に確実に固定できること。
- (2) GPS 受信機は、2 周波で搬送波位相データを 1 秒以下の間隔で取得できること。

3. IMU の性能

- (1) IMU は、センサ部の 3 軸の傾きと加速度を計測できること。
- (2) IMU は、航空カメラ本体に取り付けできること。

4. 直接定位装置ソフトウェア

- (1) 干渉測位によるキネマティック GPS 解析ソフトウェア

- 1) 干渉測位によるキネマティック GPS 解析にて基線ベクトル解析する機能を有すること。
- 2) 解析結果の評価項目の表示機能を有すること。

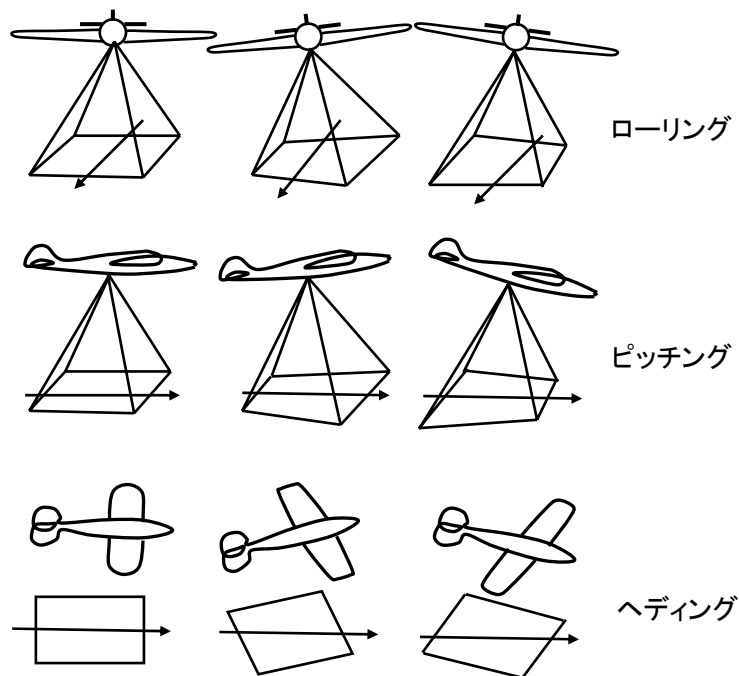
- (2) 最適軌跡解析ソフトウェア

- 1) 空中写真の露出された位置と傾きが算出できる機能を有すること。
- 2) 解析結果の評価項目の表示機能を有すること。

5. 直接定位装置は、ボアサイトキャリブレーションを実施したものとし、キャリブレーションの有効期間は6ヶ月とする。但し、この期間にレンズの取り外し等が行われた場合にはこの限りではない。キャリブレーション記録は、装置が所持する解析ソフトの様式で、計画機関の承認を得るものとする。

[解説]

1. 直接定位装置とは、IMU による角速度と加速度、GPS による位置と速度といった情報を融合することにより、双方の誤差要因を排除し、両計測装置単独システムでは得られない計測精度を可能にするシステムである。
2. IMU とは、3 軸のジャイロと加速度計から構成され、航空機の 3 軸の傾きと加速度を測定する装置である。光ファイバジャイロやシリコン加速度計等の製品が使用され、それぞれの軸に対する角度や加速度を算出する。
3. IMU センサ部の 3 軸の傾きとは、ローリング、ピッチング、ヘディング方向を意味する。また、加速度も同様の方向に装備されていなければならない。
4. ローリング、ピッチング、ヘディング方向は、下図のように定義される。



5. 直接定位装置のボアサイトキャリブレーションとは、航空カメラと IMU の 3 軸の方向角差（ミスアライメント角）及び航空カメラと GPS アンテナや IMU 装置との位置関係を求める作業をいい、直接定位撮影の成果を用いて従来法による空中三角測量を行い、双方の結果を解析することにより行う。

(撮影計画)

第19条 撮影計画は、撮影地域ごとに次の条件を考慮して作成するものとする。

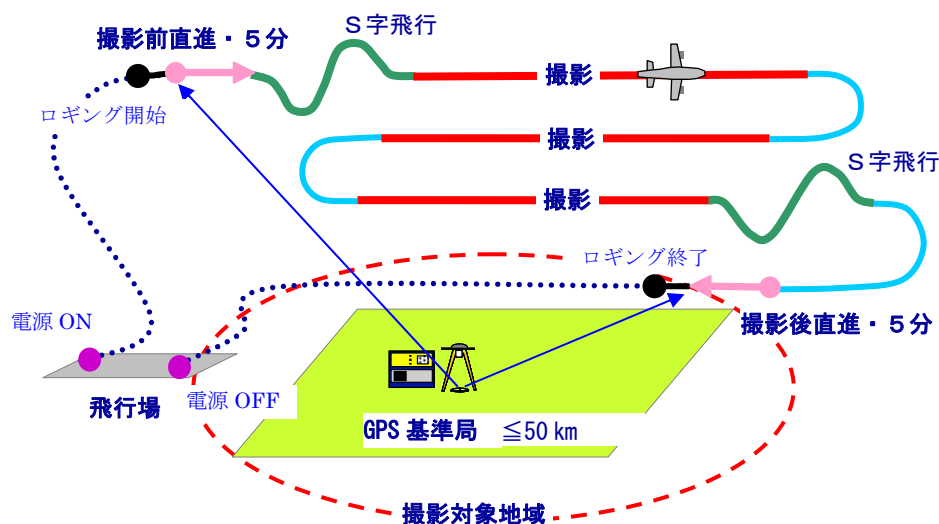
- (1) 地形等の状況により、実体空白部を生じないようにする。
- (2) 撮影コースは、基準点及び検証点(以下、「調整点」という。)の配置を考慮する。
- (3) 調整点の位置特定が困難な地域にあっては、対空標識の設置を行うものとする。
- (4) 同一コースは、直線かつ等高度で撮影する。
- (5) 同一コース内の隣接空中写真との重複度は60%、隣接コースの空中写真との重複度は30%を標準とする。ただし、地形等の状況により同一コース内の隣接空中写真との重複度を80%程度とすることができる。
- (6) 撮影対象地域からGPS基準局までの距離は、所定の距離以内とする。
- (7) GPS衛星の数及び配置は、所定の精度が得られるものとする。
- (8) 干渉測位によるキネマティックGPS解析のための整数値バイアスの決定は、適切な方法で行うものとする。

<第19条 運用基準>

1. 撮影計画においては、撮影地域を完全にカバーするため、コースの始めと終わりの地域外に最低1モデル以上撮影する。
2. 対地高度は、撮影縮尺と航空カメラの画面距離から求める。撮影高度は、対地高度に撮影地域内の撮影基準面高又は平均標高を加えたものとする。
3. 撮影基準面は、原則として、撮影地域に対して一つを定めるが、比高の大きい地域にあっては、数コース単位に設定することができる。
4. 干渉測位によるキネマティックGPS解析における整数値バイアスの決定方法は、GPS基準局と撮影対象地域の基線距離を考慮し、地上初期化方式と空中初期化方式の選択を行う。
5. IMU初期化飛行は、撮影の開始・終了コース、撮影基準面が異なるコースを考慮し行う。
6. 撮影コース長は、IMUの蓄積誤差を考慮して概ね15分以内とする。
7. 調整点は、GPS座標系と地上座標系を結合するための基準点と直接定位データを点検するための検証点とに分類する。
8. 調整点として設置する路面標示等の特定が困難な地域は、予め既設の基準点等に対空標識の設置を行う。
9. 調整点の設置は、国土交通省公共測量作業規程第3編第3章第3節標定点の設置に準ずる。
10. 対空標識の設置は、国土交通省公共測量作業規程第3編第3章第4節対空標識の設置に準ずる。

[解説]

1. IMU初期化飛行とは、ジャイロのドリフトにより姿勢方向角の誤差が時間の経過とともに累積することを防止するため、蓄積された誤差を初期化することである。その方法として、8の字飛行やS字飛行等の飛行を撮影前後に実施する。
2. 直接定位撮影は、図に示すようにGPSによる正確な位置算出のためやジャイロのドリフトにより蓄積された姿勢角の誤差を初期化するため、通常の撮影飛行に加え、撮影前後の5分間は直進やS字飛行等の特徴的な飛行を行う必要がある。



3. ジャイロが静止している状態での出力をゼロ点といい、どのようなジャイロもゼロ点は時間経過とともに自己変動し累積され角速度測定 of 誤差を発生させる。この変動誤差量をドリフトという。
4. GPS の整数値バイアス決定は、航空機離陸前、着陸後の静止時に実行する方式（地上初期化方式）と、インエアーアライメントあるいはオンザフライ等と呼ばれている空中で初期化する方式（空中初期化方式）がある。一般に GPS 衛星数やその配置が十分でない場合には空中初期化方式は不利と考えられ、事前に GPS 衛星数やその配置を確認することが重要であるが、高密度に配置された電子基準点を適宜選択して利用できることから、国内では空中初期化方式が一般的である。
5. 長時間（概ね15分以上）の等速直線飛行では、縦視差が増幅する可能性が指摘されている。やむを得ず長時間の等速直線飛行を行う場合は、ブロック分けなどを検討する必要がある。

(GPS 基準局)

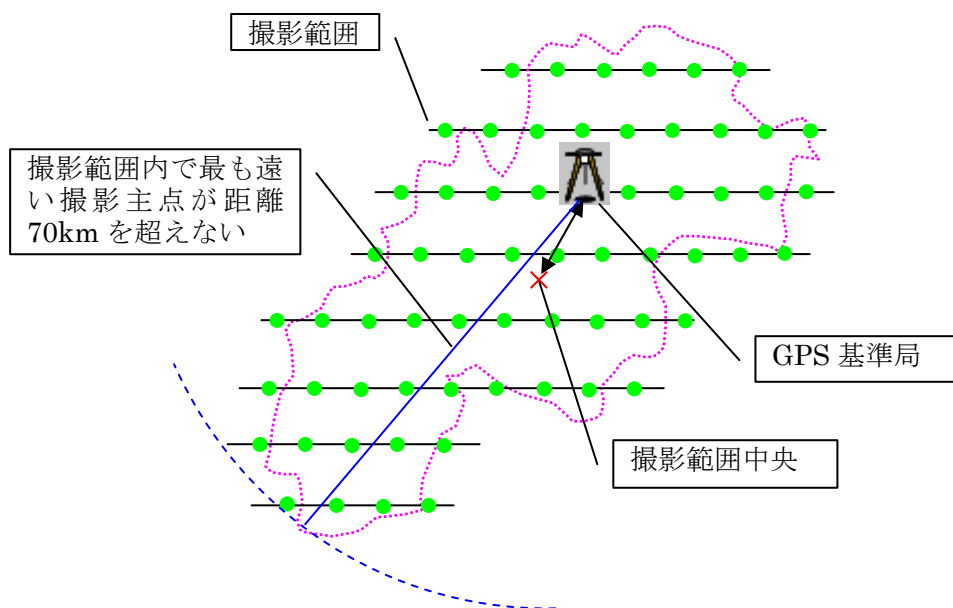
第20条 GPS 基準局では、直接定位装置の位置を干渉測位によるキネマティック GPS 解析で決定するための GPS 観測を行う。

<第 20 条 運用基準>

1. GPS基準局には、電子基準点を用いることができる。
2. GPS基準局は、撮影対象地域内との基線距離を原則50km以内とし、やむを得ない場合でも70kmを超えないものとする。
3. 新たにGPS基準局を設置する場合は、国土交通省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。
4. GPS基準局の設置位置は、次に留意して決定する。
 - (1) 上空視界の確保及びデータ取得の有無
 - (2) 受信アンテナの固定の確保

[解説]

1. GPS基準局と撮影範囲との距離は、撮影範囲中央とGPS基準局間の距離で示す。



2. 電子基準点の配置密度状況から、GPS 基準局との基線距離は概ね 70km を超えることはない。災害等の緊急で広範囲の撮影の場合は、直近の電子基準点運用停止や山間地域のため、基線距離が 70km を超える場合が考えられる。そのような場合では、複数の電子基準点を利用した基線解析を行う。

(撮影時期)

第21条 撮影は、原則として、撮影に適した時期で、気象状態が良好かつ GPS 衛星の配置が良好な時に行うものとする。

<第 21 条 運用基準>

1. GPS観測に使用する衛星のPDOPは、3以下を標準とする。
2. 撮影時のGPS衛星の数は、5個以上を標準とする。

[解説]

1. DOP(Dilution of Precision 精度低下率)とは、単独測位における衛星配置による測位精度の低下率である。擬似距離測定誤差の測位誤差への拡大係数とも捉えられ、定義の仕方によって種々の指標がある。DOPは、数値が大きくなるほど精度が低くなるように表される。
2. PDOP は位置 (Position)、HDOP は水平方向 (Horizontal)、VDOP は上下方向 (Vertical) の指標である。

(撮影飛行)

第22条 撮影飛行は、水平飛行とし、所定の計画撮影高度及び計画撮影コースを保持するものとする。

2. 撮影前後には、GPS 整数値バイアス決定及び IMU ドリフト初期化のための飛行を行うものとする。

<第 22 条 運用基準>

1. 計画撮影コースからのずれは、計画対地高度の 15%以内とする。
2. 計画撮影高度に対するずれは、計画対地高度の 5%以内とする。ただし、撮影縮尺が 1/4,000 以上のときは、計画対地高度の 10%以内とすることができる。
3. 航空カメラの傾きは、 ϕ 及び ω が 3° 以内、 κ が 10° 以内を標準とする。但し、計画機関が指示し、又は承認した場合は、傾きの角度を緩和することができる。
4. 地上で初期化を行う場合、航空機を GPS 受信波のマルチパスとなる反射源から離して駐機する。

[解 説]

1. 撮影コース間移動の際の急旋回は、GPS 衛星の受信状況を変化させ、サイクルスリップが発生する恐れがあるため旋回角度（バンク角）は、概ね 20° 以内が望ましい。
2. 撮影時における GPS 及び IMU 観測状況のモニタリングを行い、異常がないかを監視する。
3. デジタルステレオ図化機では、仮想的に空中写真の傾きを取り除いてステレオモデルを構築するため、基本的には空中写真の傾きの制約を受けない。但し、ステレオモデルを構築する 1 対の空中写真の傾きが極端に違う場合には、視覚と描画操作が一致せず、適切な描画に支障を来す場合があるため、注意が必要である。

(露出時間)

第23条 露出時間は、飛行速度、使用フィルム、フィルター、撮影高度等を考慮して、適正に定めなければならない。

(航空カメラの使用)

第24条 同一地域内の撮影は、原則として、同一航空カメラで行うものとする。

<第 24 条 運用基準>

1. やむを得ず他の航空カメラを使用する場合でも、同一コースは同一航空カメラを使用する。
2. 空中写真に写し込む記録板には、撮影地区名、計画撮影高度及び撮影年月日を明瞭に記載しなければならない。ただし、記録板のない航空カメラにあつては、この限りではない。

(空中写真の重複度)

第25条 空中写真の重複度は、撮影計画に基づいた適正な重複度となるように努めなければならない。

<第 25 条 運用基準>

1. 隣接空中写真間の重複度は、最小で 53%とする。また、標準を超えた場合においても、主点基線長が 68%～77%となるモデルはコース写真枚数の 1/4 以内とする。ただし、比高差の著しい地域においては、おおむね 1/3 以内とする。
2. コース間の空中写真の最小重複度は、10%とする。
3. 同一コースをやむを得ず 2～3 分割する場合、分割部分を、2 モデル以上重複させなければならない。

(直接定位データの取得)

第26条 直接定位データの取得では、GPS 基準局の GPS 観測データ、航空機搭載の GPS 観測データ、IMU 観測データを取得する。

<第 26 条 運用基準>

1. GPS 基準局の GPS 観測データ取得間隔は、30 秒以下とする。
2. 航空機搭載 GPS の GPS 観測データ取得間隔は、1 秒以下とする。
3. 航空機搭載の GPS 及び IMU は、撮影の前後に連続して 5 分以上の GPS 観測を実施する。

(直接定位計算)

第27条 撮影が終了したときは、速やかに直接定位計算を行うものとする。

2. GPS 基準局及び航空機搭載 GPS の GPS 観測データを用いて干渉測位によるキネマティック GPS 解析を行う。
3. 干渉測位によるキネマティック GPS 解と IMU 観測データによる最適軌跡解析を行う。
4. 最適軌跡解析結果より外部標定要素を算出する。

[解 説]

1. 外部標定要素データのファイル仕様は、次のとおりである。
 - 同時調整成果表フォーマットは、1 行 1 レコードのテキストファイルとする。
 - 文字コードは、ASCII コードとする。
 - データの項目はスペースもしくはタブによって区切るものとする。
 - レコード記述方法は、データ区分を用いて地上座標(POINT)と外部標定要素(PHOTO)をひとつのファイルに記述する。データの範囲は、別のデータ区分が出現するか、ファイルが終了するまでとする。
 - 同時調整成果表は、必須項目を含む関連データをフリーフォーマットで記述する。必須

項目は、次のとおりである。

PHOTO : 写真番号、主点位置 X_0 、 Y_0 、 Z_0 、 ω 、 ϕ 、 κ

- 位置の単位はmとし、角度の単位は度を標準とする。
- 出力する座標系は、数学座標系を標準とする。
- 座標軸の回転の順番は、 ω 、 ϕ 、 κ の順とする。

PHOTO
必須項目

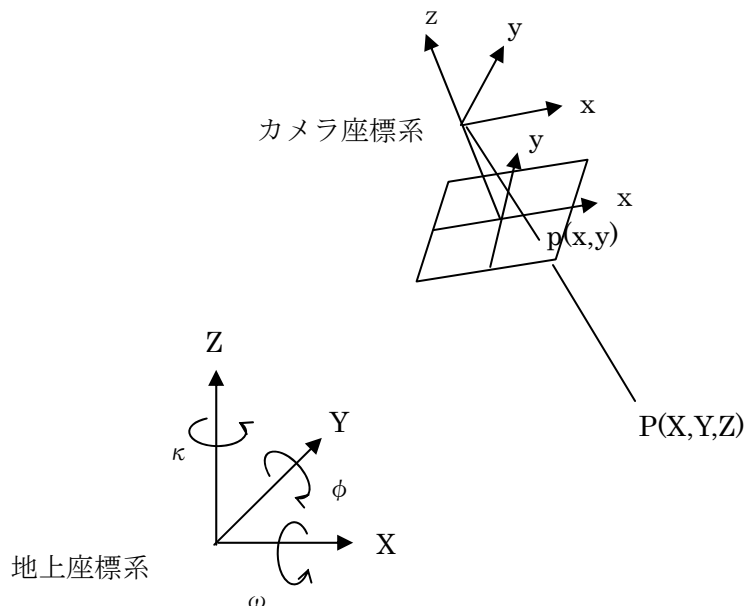
POINT	X	Y	Z	ω	φ	κ	その他
1010002	-27007.019384	-34875.233929	60.249231	4	0.041	0.039	0.087
1020002	-26693.034367	-34971.726194	71.246014	4	0.032	0.032	0.075
1030002	-26272.076209	-34910.886772	59.246450	4	0.028	0.029	0.070
1040002	-25946.004007	-34964.596802	72.965954	4	0.027	0.027	0.071
1050002	-25591.083929	-34834.961127	57.457268	4	0.027	0.028	0.074
1060002	-25209.342442	-34935.753746	56.829396	4	0.026	0.027	0.078
1070002	-24844.112941	-34824.348848	57.149940	4	0.028	0.029	0.079
1080002	-24464.688994	-34963.299961	73.484600	4	0.028	0.029	0.080
1090002	-24101.873302	-34890.768352	72.223067	4	0.032	0.033	0.079
1100002	-23701.996522	-34952.156919	67.199039	4	0.039	0.041	0.087
2010002	-26999.662881	-35404.938950	58.823724	4	0.031	0.033	0.048
2020002	-26702.817197	-35579.208389	67.228761	4	0.026	0.027	0.041
PHOTO							
6904	-24594.372	-34605.243	671.840	-0.56218	1.29678	-0.39364	
6905	-24948.299	-34604.920	673.563	0.53172	-0.77237	0.06961	
6906	-25329.754	-34604.930	673.461	0.80307	0.19091	0.98822	
6907	-25686.039	-34605.940	674.329	-0.26950	0.48304	-0.65503	
6908	-26066.903	-34601.930	675.135	-1.08080	0.04133	-0.59004	
6909	-26423.336	-34595.484	673.008	-0.42375	-1.02954	-0.04323	
6910	-26808.171	-34592.378	670.688	-0.77434	-0.12508	0.82504	
6911	-27142.508	-34591.676	669.299	-0.36658	-0.08455	-0.15523	
6912	-27144.814	-35217.886	668.524	0.42876	0.80215	178.96938	
6913	-26774.825	-35218.461	670.978	0.71388	-0.44402	176.37331	
6914	-26407.240	-35226.317	675.232	0.38332	0.43221	177.34896	

2. 外部標定要素に用いる回転要素 (κ 、 ϕ 、 ω) の座標軸の回転順番は、次にしたがう。

1) 回転順番と座標系との関係式は、次のとおりである。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix}$$

2) カメラ座標系と地上座標系の関係図は、次のとおりである。



(直接定位データの点検)

第28条 直接定位データの点検を行い、再撮影が必要かの判断を行うものとする。

<第28条 運用基準>

1. 点検は、次について行う。
 - (1) GPS 基準局及び航空機搭載の 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) 直接定位撮影範囲の確保
 - (4) 計測高度及び計測コースの良否
2. 干渉測位によるキネマティックGPS解析時における点検は、次の各号について行う。
 - (1) 撮影コース上における最少衛星数
 - (2) 撮影コース上における DOP (PDOP、HDOP、VDOP) 値
 - (3) 撮影コース上における位置の往復解の差
 - (4) 撮影コース上における解の品質
 - (5) 撮影コース上における位置の標準偏差の平均値と最大値
3. 撮影コース上における最適軌跡解析時における点検は、次の各号について行う。
 - (1) GPS 解と IMU 解の整合性
 - (2) 撮影コース上における位置の標準偏差の平均値と最大値
 - (3) 撮影コース上における姿勢の標準偏差の平均値と最大値
4. 最少衛星数は、5以上を標準とする。
5. DOP (PDOP、HDOP、VDOP) 値は、3以下を標準とする。
6. 点検資料として、次のものを作成する。
 - (1) 撮影記録簿
 - (2) 撮影作業日誌
 - (3) 直接定位計算精度管理表
7. 電子基準点以外のGPS基準局を使用した場合には、点検資料として次のものも作成する。
 - (1) GPS 基準局観測記録簿
 - (2) GPS 観測データファイル説明書

[解説]

1. 直接定位の計算時には**第28条**の指標に添って結果を評価するが、計算時には各種のパラメータが適切であるかを含めて、総合的に評価する必要がある。従ってここにあげた数値はあくまで目安である。たとえば、サイクルスリップ等の影響で一時的に衛星数が4に減り、DOP 値が大きくなった場合でも、最終的な直接定位計算の過程を経て良好な解を得ることも可能である。データの状況により、仰角マスクや、使用する衛星の選定、位相データやC/Aコードに対する標準偏差値等を与えて最適解が得られるようにする。
2. 現在、国内で使用されている干渉測位によるキネマティックGPS解析時の点検項目の標準値は、次のとおりである。

点 検 項 目	標 準 値	備 考
位置の往復解の差	0.3m	各軸とも
撮影コース上における解の品質	安定フロート解以上	
位置の標準偏差の平均値	0.10m以内	各軸とも
位置の標準偏差の最大値	0.15m以内	各軸とも

なお、キネマティック GPS 解析における測位結果の品質は、各 GPS 衛星から受信機までの波数の整数値バイアスが確定したものをフィックス解、整数値バイアスが未確定なものをフロート解とし、解析ソフトにより段階的に出力される。この段階の内、フィックス解に続く 10cm から 25cm 程度の精度で解が決定された第 2 段階を安定フロート解、これ以降の精度低下で得られた解を収束フロート解とし、キネマティック GPS 解析における測位結果の点検を行う。

3. 現在、国内で使用されている最適軌跡解析時の撮影コース上における各点検項目の標準値は、次のとおりである。

点 検 項 目	標 準 値			備 考
	AV510	AV310	AEROcontrol- II d	
位置の標準偏差の平均値	0.07m以内	0.07m以内	0.07m以内	各軸とも
位置の標準偏差の最大値	0.10m以内	0.10m以内	0.10m以内	各軸とも
姿勢の標準偏差の平均値	0.005 度以内	0.015 度以内	0.004 度以内	X,Y 軸
	0.018 度以内	0.039 度以内	0.010 度以内	Z 軸
姿勢の標準偏差の最大値	0.007 度以内	0.021 度以内	0.005 度以内	X,Y 軸
	0.025 度以内	0.055 度以内	0.012 度以内	Z 軸

(フィルムの使用)

第29条 フィルムの使用に際しては、きず又は静電気等による著しい汚損を生じないようにし、ロールフィルムの両端 1m 部分は、撮影に使用しないものとする。

2. ロールフィルムの途中におけるつなぎ合わせは、原則として、行わないものとする。

(フィルムの写真処理)

第30条 フィルムは、撮影終了後、直ちに適切な方法により現像するものとする。

<第 30 条 運用基準>

1. 現像液は、当該フィルムの指定現像液又はこれと同等以上の品質を有するものを使用する。
2. 写真処理は、各種のむらを生じないように努め、折れ、きず、ペコ、膜面はがれ等で画像を損なわないように行う。

3. 密着印画に用いる印画紙は、半光沢、中厚手のもので、画面周辺の枠線、指標、計器等が印画される大きさのものとする。
4. 密着印画の作成は、フィルムの写真処理に準じて行う。

(点 検)

第31条 撮影及び写真処理が終了したときは、速やかに空中写真の点検を行い、再撮影が必要か否かを判定するものとする。

<第 31 条 運用基準>

1. 点検は、次について行う。
 - (1) 撮影高度の適否
 - (2) 撮影コースの適否
 - (3) 実体空白部の有無
 - (4) 指標及び計器の明瞭度
 - (5) 写真の傾き及び回転量の適否
 - (6) 写真処理の良否
 - (7) 写真の調子
2. 点検資料として、次のものを作成する。
 - (1) 撮影コース別精度管理表
 - (2) 点検用標定図（拡張デジタルマッピングファイル形式）

[解 説]

点検用標定図を表示する際には、数値地図25000(地図画像)又は数値地図50000(地図画像)等を背景として表示する。

(再 撮 影)

第32条 点検結果により、再撮影の必要がある場合は、速やかに再撮影を行わなければならない。

2. 再撮影は、原則として、当該コースの全部について行うものとする。

(ネガフィルムの編集)

第33条 ネガフィルムを編集する場合は、両端に1mの余白を残し、画像を汚損することのないよう適切に行うものとする。

<第 33 条 運用基準>

1. 編集は、地域外1モデル以上の写真を含めて行う。ただし、海部等の場合は、この限りではない。
2. 写真番号は、原則として、東西コースにあつては西から東へ、南北コースにあつては北から南へ、各コースとも1番から一連番号を付すものとし、コースが分割された場合も同様とする。

3. コース番号は、原則として、東西コースにあつては北から南へ、南北コースにあつては東から西へ、1番から一連番号を付すものとし、コースが分割されている場合は、A、B、C等をコース番号の次に付し、接続部では2モデル以上を重複させる。
4. 道路、河川等の路線撮影の場合は、起点方向からコース番号を付すものとする。
5. 各コースの両端の写真には、コース番号、写真番号のほか所定の事項を記入する。

(標定図の作成)

第34条 標定図は、原則として、拡張デジタルマッピングファイル形式で作成するものとする。

<第34条 運用基準>

標定図を印刷する際には、原則として、数値地図 25000 (地図画像) 又は数値地図 50000 (地図画像) を背景として用いるものとする。

(ネガフィルムの収納)

第35条 編集を終了したネガフィルムは、所定の空中写真フィルム記録をはり付けた缶にロールごと収納するものとする。

(成果等)

第36条 成果等は、次のとおりとする。

- (1) ネガフィルム
- (2) 密着印画
- (3) 標定図
- (4) 外部標定要素
- (5) 撮影記録簿
- (6) 精度管理表
- (7) その他の資料

<第36条 運用基準>

1. 測量成果等は、原則として、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。
2. 電子基準点を使用した場合には、GPS 基準局観測記録簿の作成は不要とする。

第3節 空中写真の数値化

(要 旨)

第37条 空中写真の数値化とは、撮影された空中写真から空中写真用スキャナにより数値化した数値写真を作成する作業をいう。

(計 画)

第38条 空中写真の数値化の計画は、撮影された空中写真の土地被覆、撮影時期、天候、撮影コースと太陽位置との関係等と使用するデジタルステレオ図化機及び数値編集で用いる編集装置並びにモデルごとの図化範囲等を考慮して立案して作成するものとする。

(使用する機器等)

第39条 空中写真の数値化に使用する主要な機器は、次に掲げるもの又はこれらと同等以上の性能を有する機種とする。

(1) 空中写真用スキャナ

空中写真用スキャナは、空中写真のロールフィルムをスキャンし、数値写真を画像形式で取得及び記録する機能を有するスキャナ、コンピュータプログラム、電子計算機及び周辺機器で構成されるシステムで、所定の精度を保持できる性能を有するものとする。

(2) デジタルステレオ図化機

デジタルステレオ図化機は、ステレオ視可能な数値写真からステレオモデルを作成及び表示し、地図情報を数値形式で取得及び記録する機能等を有するコンピュータプログラム、電子計算機及び周辺機器で構成されるシステムで、所定の精度を保持できる性能を有するものとする。

<第39条 運用基準>

1. 空中写真用スキャナの構成は、電子計算機、画像表示ディスプレイ、ロールフィルム装着及びフィルム圧定装置等で構成されるものを標準とする。
2. 空中写真用スキャナの性能は、以下の精度を有するもの。

項 目	性 能 (精 度)
光学分解能	0.01mm 以内
最小スキャンサイズ	240mm×240mm 以上
スキャン画像の色階調	各色 8bit (フルカラー) 以上
スキャン画像の幾何精度	0.002mm (平均二乗誤差) 以内

3. 空中写真用スキャナは、点検技術を有する第三者機関の点検を受けたものとし、点検の有効期間は6ヶ月とする。空中写真用スキャナの定期点検証明書は、機器メーカーが定期点検報告用として使用している様式で、計画機関の承認を得るものとする。
4. 空中写真用スキャナの点検に使用する格子板は、5×5点以上の格子密度を有し、230mm×230mm範囲の幾何精度を検証可能な各空中写真用スキャナに付属する精密格子板とし、第三者機関による検定を受けたものとする。
5. デジタルステレオ図化機の構成及び機能は、以下のものを標準とする。
 - (1) デジタルステレオ図化機は、電子計算機、ステレオ視装置、ディスプレイ及び三次元マウス又はXYハンドル・Z盤等で構成されるもの。
 - (2) 内部標定、相互標定、絶対標定の機能又は外部標定要素によりステレオ表示が行えるもの。
 - (3) X、Y、Zの座標値と所定のコードが入力・記録できる機能を有するもの。
 - (4) 正射変換等の機能を有するもの。
6. デジタルステレオ図化機の座標読取は、サブピクセルまで読める性能を有するものとする。

[解説]

1. 日本国内における精密格子板等の精密計測に関する検定機関としては、(財)日本品質保証機構計量計測センターがある。
2. 空中写真指標の間隔は、RC系が224mm、RMK系が226mmであるため、空中写真用スキャナでは226mm×226mm範囲の幾何精度を検証する必要がある。
3. サブピクセルとは、数値写真の最小単位であるピクセル(画素)を細分化した仮想的な画素であり、細分化の度合いは限定しない。

(空中写真の数値化)

- 第40条** 撮影された空中写真の数値化は、適正な画像が得られるように努め、写真画像の損傷、汚れ、幾何学的歪み、輝度むら等を生じないように行う。
2. 数値化は、原則としてロールフィルムから直接行うものとする。

<第40条 運用基準>

1. 数値化の前にロールフィルムに付着したゴミ、汚れ、ほこり等を除去するとともにきずやへこみ等の点検を行う。
2. ロールフィルムを装着する直前には、空中写真用スキャナの写真架台のゴミ、汚れ、ほこり等を除去する。
3. フィルム圧定装置によって数値化時においてフィルム歪みが発生しないように確実に圧定を行う。
4. 同一ロールフィルムは、原則として同一スキャナを使用して数値化を行う。
5. 指標、カメラ番号及びカメラ情報を含むように正しく数値化範囲を設定する。
6. 空中写真の中央並びに4隅において明瞭な画像が得られるようにピントを合わせるものとする。
7. センサのズレ等が生じないようにする。

8. 色調補正を行うためのプレスキャンは、原則として撮影コースごとに始点と終点で行うものとし、さらに、撮影コース内で顕著に色調が変わる地域がある場合は、これらを分けて行うこと。
9. 画像圧縮を行う場合は、可逆性圧縮でなければならない。
10. 数値化された空中写真は、土地被覆、撮影時期、天候、撮影コースと太陽位置との関係等を考慮して抜き取り、全体の色調が統一されているかを点検するものとする。
11. 数値化は、原則として、以下の規則で行う。
 - (1) 東西コースで撮影した場合は、北方向を上にして数値化をすること
 - (2) 南北コースで撮影した場合は、東方向を上にして数値化をすること
 - (3) 90度以下の斜めコースで撮影した場合は、北西方向を上にして数値化すること
 - (4) -90度以上の斜めコースで撮影した場合は、北東方向を上にして数値化すること

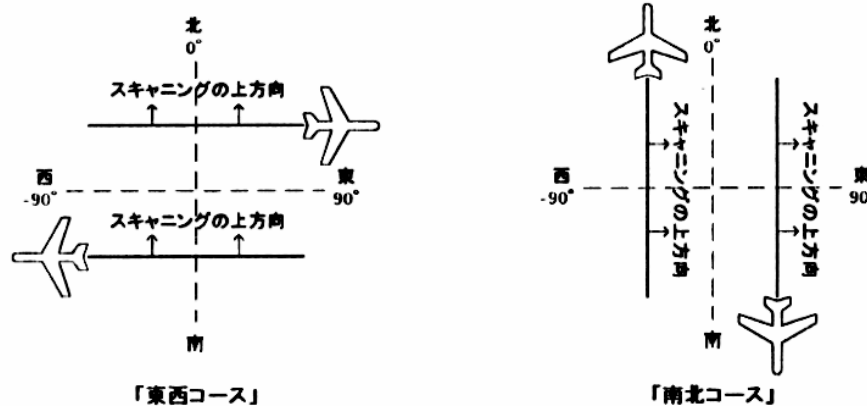
(数値化の画素寸法と画像データ形式)

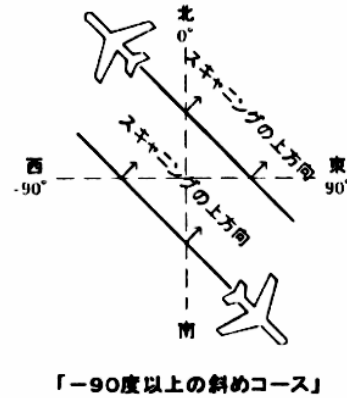
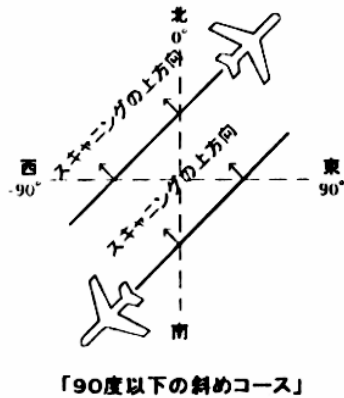
第41条 数値化の画素寸法と画像データ形式は、次表を標準とする。

項目	規格 (精度)
数値化の画素寸法	0.021mm 以内
色階調	各色 8bit 以上
画像データ形式	非圧縮 TIFF 形式

[解 説]

数値化と撮影コースの関係は、下図のとおりである。





(数値化の範囲)

第42条 数値化の範囲は、指標、カウンタ番号及びカメラ情報が入る範囲とする。

<第42条 運用基準>

カメラ情報は、レンズ番号及び焦点距離をいう。

(指標座標の測定)

第43条 数値写真の指標座標の測定は、デジタルステレオ図化機を使用し、各数値写真に含まれる指標を1回測定する。

(内部標定)

第44条 内部標定は、4つ以上の指標を使用して決定し、指標の残存誤差は所定の許容範囲を越えてはならない。

<第44条 運用基準>

1. 指標座標の計算には、ヘルマート変換を用いる。
2. 指標の残存誤差は、最大値が0.03mm以内とする。
3. 指標の座標値及び歪曲収差は、使用した航空カメラの検定値を用いる。
4. 指標観測は、自動観測を用いることができる。

[解説]

フィルムが保持及び数値化時の歪を明らかにするため、座標変換はヘルマート変換を用いる。

(空中写真の数値化の点検)

第45条 空中写真の数値化の終了後、点検を速やかに行い、再数値化が必要か否かを判定する。

<第45条 運用基準>

1. 点検は、次の項目について行う。
 - (1) 数値化範囲の良否
 - (2) 指標の明否
 - (3) カウンタ番号の明否
 - (4) カメラ情報の明否
 - (5) 数値化による汚れ（ゴミ、きず）、歪み（ボケ、ブレ）
 - (6) 色調の良否
 - (7) 内部標定による指標の残存誤差
2. 点検資料として次のものを作成する。
 - (1) 空中写真の数値化 撮影コース別精度管理表
 - (2) 空中写真の数値化 撮影ロール別精度管理表

(再数値化)

第46条 再数値化の必要があると認められる場合は、速やかに再数値化を行わなければならない。

2. 再数値化は、原則として当該空中写真についてのみ行う。

<第46条 運用基準>

次の各号に該当する場合は、再数値化を行うものとする。

- (1) 指標、カメラ情報及びカウンタ番号が含まれて数値化されていない。
- (2) 指標残差の最大値が0.03mmを超えている。
- (3) 数値化に起因する汚れ・歪みが含まれている。

(数値化データの整理)

第47条 数値化された空中写真は、運用基準に定める方法に従って整理する。

<第47条 運用基準>

1. 数値写真のファイル名は、年度下二桁、撮影コース、写真番号の順番で構成される名称とする。
2. 数値写真のデータファイル仕様は、非圧縮 TIFF 形式とする。
3. 数値写真への書き込み等、画素情報の劣化、加工が生じる処置をしてはならない。

[解説]

1. 数値写真のファイル名の事例は、次のとおりである。

例 1) 年度 2003、撮影コース C-1、写真番号 10 の場合、→ 03-C1_0010.TIF

例 2) 年度 2003、撮影コース C-10A、写真番号 2 の場合、→ 03-C10A_0002.TIF

2. 正月を跨いだ撮影は、管理を容易にするため撮影年は年度とする。

(サムネイル画像の作成)

第48条 サムネイル画像は、数値写真より作成する。

<第 48 条 運用基準>

1. サムネイル画像は、数値化された空中写真の内容が確認できる解像度で作成する。
2. サムネイル画像のファイル名は、数値写真のファイル名に準拠する。
3. サムネイル画像のファイル仕様は、JPEG 形式、或いは BMP 形式とする。

[解 説]

サムネイル画像とは、数値写真を縮小した画像をいい、原画像の 1/16 を標準とする。

(数値写真の収納)

第49条 数値写真の収納は、ファイルの欠損や重複等がないように留意する。

2. フォルダとの関連やファイル名の付与等についての点検を行う。

<第 49 条 運用基準>

数値写真のファイル収納状況を示した一覧表を数値写真一覧表により作成する。

(成果等)

第50条 成果等は、次のとおりとする。

- (1) 数値写真
- (2) サムネイル画像
- (3) 空中写真の数値化作業記録
- (4) 精度管理表
- (5) 数値写真一覧表
- (6) その他の資料

<第 50 条 運用基準>

測量成果等は、原則として、測量成果電子納品要領（案）に基づいて作成する。

第4節 同時調整

(要 旨)

第51条 同時調整とは、デジタルステレオ図化機等によりパスポイント・タイポイント及び調整点の写真座標を自動及び手動測定し、直接定位により得られた外部標定要素との調整計算を行った上、各写真の外部標定要素及びパスポイント・タイポイント等の水平位置及び標高を定める作業をいう。

(方 法)

第52条 同時調整は、解析法によって行い、調整は単コース、ブロックともにバンドル法により行う。

2. 同時調整には、直接定位による外部標定要素、パスポイント・タイポイント及び調整点を使用するものとする。

<第52条 運用基準>

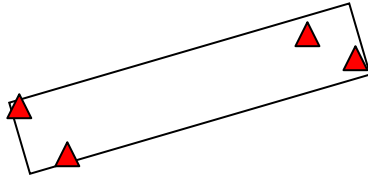
1. 同時調整の計画図は、図化地域、撮影コース及び調整点の配置を考慮して作成する。
2. 調整計算は、電子計算機を用いて行うものとし、使用するプログラムは計画機関の承認を受けたものでなければならない。
3. 調整点の設置は、国土交通省公共測量作業規程第102条に準じて行い、対空標識に代えて撮影後に数値写真上で明瞭に判読可能な路面標示等を使用することができる。
4. 水平位置及び標高の調整点をブロックの四隅付近と中央部付近に計5点配置することを標準とする。
5. ブロックの撮影が複数日に跨る場合は、各撮影日のコース内に上記5点のうち少なくとも1点の調整点を配置し、不足する場合は調整点を追加することとする。
6. 単コースの調整点は、各コースの両端のモデルに上下各1点を標準とし、困難な場合は、2点のうち1点は当該モデルの近接モデルに設置することができる。
7. 対象地域の特性により撮影後の調整点の設置が困難な場合は、計画機関と協議の上、配点の見直しを行う。

[解 説]

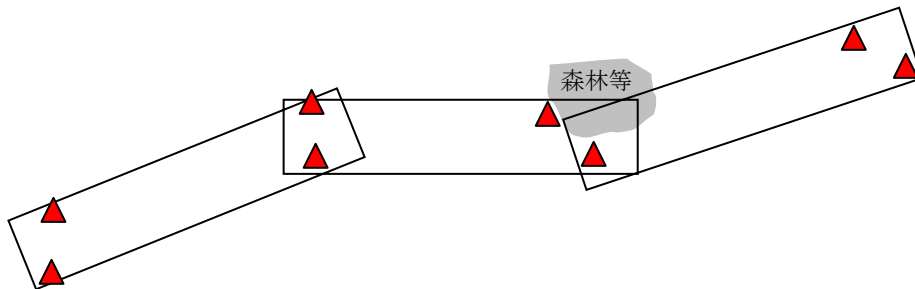
1. 基準点は、GPS座標系と地上座標系との間に生じた定誤差を補正するために用いる。また、複数の検証点を用いて点検することにより、基準点あるいは検証点に過誤がないかを判定する。
2. 撮影日が複数日に跨る場合は、撮影日毎に直接定位の定誤差の有無等を確認するため、各撮影日のコースに少なくとも1点の調整点を含むよう適宜、配置選点を行う。この際、5点の調整点の配置がなるべく均等となるよう配置し、配置が偏る場合には新たに調整点を追加する。
3. 広域な対象範囲の作業を行う場合は、ブロックは平均コース長30km、コース数20コース程度を標準として分割し、ブロック毎に調整点を配置することとする。調整点の選定は撮影後に行うことができるが、

事前にブロック分割や調整点の概略位置の設定等を行うことが重要である。また、撮影後の調整点の設置が困難な場合には、事前に対空標識を設置する等の処置が必要である。

4. 単コースの平均コース長は、30km 程度を標準として分割し、コース毎に調整点を配置することとする。なお、調整点の選定はブロックの場合と同様である。
5. 単コースにおける調整点の設置は、下図のとおりである。



6. 複数の単コースが連結される場合における調整点の設置は、下図のとおりである。なお、単コース間重複部への設置が困難な場合は、2点の内の1点は重複部の近接モデルに設置することができる。



(使用する機器)

第53条 同時調整に使用する主要な機器は、デジタルステレオ図化機とする。

(パスポイント及びタイポイントの配置)

第54条 パスポイント及びタイポイントは、空中写真の標定に適切となる位置で、空中写真上の座標を正確に測定できる地点に配置するものとし、デジタルステレオ図化機の機能を用いて計測することを原則とする。

2. パスポイント及びタイポイントは、適切な位置に配置するものとする。

<第54条 運用基準>

1. パスポイントの配置

- (1) パスポイントは、主点付近及び主点基線に直角の両方向の3箇所以上を標準とする。
- (2) 主点基線に直角な方向は、主点からの距離が密着空中写真上で7cm以上10cm以下のほぼ等距離の位置に配置する。

2. タイポイントの配置

- (1) タイポイントの数は、1モデルに1点を標準とし、ほぼ等間隔に配置する。
 - (2) タイポイントは、隣接コースと重複している部分で、関係空中写真上で明確に認められる位置に配置する。
 - (3) タイポイントは、パスポイントで兼ねることができる。
3. パスポイント及びタイポイントの計測の良否は、同時調整の結果により判定し、点数、配置及び交会残差に不適切がある場合には、目視にて再観測するものとする。

[解 説]

従来の空中三角測量では、図化標定を行うためにパスポイント・タイポイントを特定する必要があり、それぞれの点が命名された。デジタル空中写真測量（フィルム航空カメラ版）では、図化標定は行わず、外部標定要素による再現を行うため、パスポイント・タイポイントに命名する必要はなくなった。また、画像相関により計測するため、従来の空中三角測量で行っていたポジフィルムへの点刻のような位置の特定が不要になっており、命名する必然性が失われている。

(数値写真座標の測定)

第55条 数値写真座標の測定は、各数値写真に含まれる指標、調整点、パスポイント及びタイポイント等を観測する。

<第55条 運用基準>

指標、パスポイント及びタイポイントは、画像相関により自動測定するものとする。ただし、画像相関が困難な場合には手動により観測することができる。

(内部標定)

第56条 内部標定は、第44条の規定を準用する。

<第56条 運用基準>

指標座標の計算には、アフィン変換を用いる。

(調整計算)

第57条 調整計算には、当該ブロックに含まれるすべての基準点、パスポイント及びタイポイントを使用するものとする。

2. 各空中写真の変換式の係数は、ブロックごとに同時平均によって決定するものとする。
3. 大気屈折及び地球曲率の影響は、原則として、補正するものとする。
4. 同一ブロック内における基準点の残差及び各空中写真上でのパスポイント及びタイポイントの残差並びに隣接ブロック間におけるタイポイントの較差は、所定の許容範囲を超えてはならないものとする。

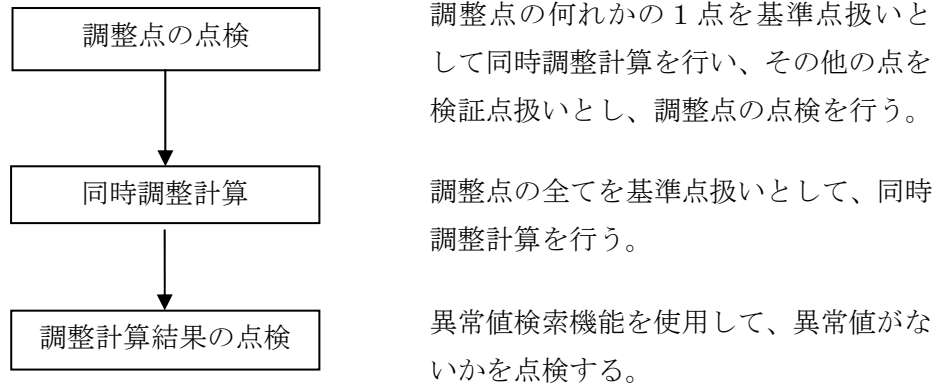
<第 57 条 運用基準>

1. 調整計算式は、原則として、写真の傾きと投影中心の位置を未知数とした射影変換式とし、これに種々の定誤差に対応したセルフキャリブレーション項を付加することができる。ただし、セルフキャリブレーション項は、数値図化時のステレオモデルの構築時に再現できるもののみに限定する。
2. 大気屈折及び地球曲率の影響の補正は、セルフキャリブレーションで代えることができる。
3. 直接定位による外部標定要素（GPS 座標系）と基準点（地上座標系）の定誤差を推定し計算に導入することができ、この補正量は、外部標定要素に反映されるものとする。
4. 調整点の何れかを基準点として調整計算を行った後、その他の点を検証点として精度点検を行う。検証点の較差の最大値は、国土交通省公共測量作業規程第 71 条に規定する水平位置及び標高点の許容範囲以内とする。
5. 検証点の較差の最大値が国土交通省公共測量作業規程第 71 条に規定する水平位置及び標高点の許容範囲以内であった場合は、全ての調整点を基準点として調整計算を行う。
6. 同一ブロック内における基準点の残差は、水平位置及び標高とも、標準偏差が対地高度の 0.02%以内、最大値が対地高度の 0.04%以内とする。
7. 基準点で計算に使用しない点がある場合は、その点名及び理由を計算簿に明記する。
8. 同一ブロック内における各空中写真上でのパスポイント及びタイポイントの交会残差は、標準偏差がフィルム上に換算して 0.015mm 以内、最大値が 0.030mm 以内とする。
9. 隣接ブロック間のタイポイントの較差は、水平位置及び標高とも、対地高度の 0.09%以内とする。
10. 原則として、調整計算ソフトの異常値検索機能を用いて、基準点の異常、測定の誤り等に起因する誤差の点検を行う。
11. パスポイント及びタイポイントの配置に規定する配点を満たすよう、不良点の再観測及び追加観測をマニュアルで行い、所定の精度を満たすまで再度調整計算を行う。
12. 調整計算が所定の精度を得た後、検証結果が許容範囲を満たした全ての調整点を基準点扱いとし再度調整計算を行うものとする。
13. 点検資料として、次のものを作成する。
 - (1) 基準点残差表
 - (2) 同時調整精度管理表

[解説]

GPS 座標系と地上座標系との間には座標系の定誤差が存在するため、GPS 座標系を地上座標系に摺り合わせる必要がある。

同時調整計算の流れは、次のとおりである。



(整理)

第58条 調整計算の終了後、同時調整成果表を作成し、所定の方法に従って整理するものとする。

<第58条 運用基準>

1. 同時調整成果表の単位は、次のとおりとする。
 - (1) 平面位置及び高さの座標単位は、0.01mとする。
 - (2) 回転要素の角度単位は、0.0001度とする。
2. 同時調整終了後、計画図に準じて写真主点の位置、調整点及びタイポイントを表示した同時調整実施一覧図を作成する。

(成果等)

第59条 成果等は、次のとおりとする。

- (1) 同時調整成果表
- (2) 同時調整実施一覧図
- (3) 基準点残差表
- (4) 座標測定簿
- (5) 計算簿
- (6) 精度管理表
- (7) その他の資料

<第59条 運用基準>

(1)同時調整成果表から(5)計算簿については、電子納品の規定に準じて作成する。ただし、写真座標系に変換された座標ファイルを座標測定簿とすることができる。

第5節 数値図化

(要 旨)

第60条 数値図化とは、デジタルステレオ図化機を用いて、地図情報を数値形式で取得し、記録する作業をいう。

(デジタルステレオ図化機)

第61条 数値図化に使用するデジタルステレオ図化機は、所定の精度を保持できる性能を有するものとする。

<第61条 運用基準>

デジタルステレオ図化機の性能は、第39条運用基準による。

(取得する座標値の単位)

第62条 数値図化における座標値の単位（地上座標）は、cm とする。

<第62条 運用基準>

有効精度より下位の桁については、後処理で数値を付加する。

(モニタリング)

第63条 モニタリングとは、数値図化時においてデータの位置、形状等をグラフィックディスプレイ等に表示し、確認することをいう。

(内部標定)

第64条 内部標定は、第44条の規定を準用する。

<第64条 運用基準>

指標座標の計算には、アフィン変換を用いる。

[解 説]

同時調整と同じシステム環境で数値図化を行う場合には、同時調整時の内部標定結果が使用できるため、数値図化時に内部標定を行う必要はなくなる。

(ステレオモデルの再現)

第65条 同時調整の成果を用いてステレオモデルを再現する。

2. ステレオモデルの再現は、内部標定後、外部標定要素、もしくは同時調整成果表と座標測定簿を用いて行うものとする。

[解 説]

ステレオモデルの構築は、同時調整の結果の再現であり、従来の標定作業とは異なる。従って図化精度管理表の標定欄は該当なしとなる。

(数値図化の範囲)

第66条 数値図化の範囲は、隣接するステレオモデルとの関係を考慮して決定するものとする。

[解 説]

従来、数値図化の範囲は、パスポイントで囲まれる範囲としていたが、デジタル空中写真測量(フィルム航空カメラ版)では外部標定要素により直接ステレオモデルが構築されるためにパスポイントは表示されない。従って、隣接するステレオモデルとの重複部中央付近を目安として、数値図化の範囲を決定する。

(細部数値図化)

第67条 細部数値図化は、線状対象物、建物、植生及び等高線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。

2. 陰影、ハレーション等の障害により判読困難な部分又は図化不能部分がある場合は、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。

<第 67 条 運用基準>

1. 現地調査結果を整理した空中写真及びその他の資料により必要な事項を漏れなく描画する。
2. 変形地は、可能な限り等高線で描画し、その状況によって変形地記号で覆描する。
3. 等高線は、1本ずつ測定描画し、必要箇所の補助曲線等は、省略してはならない。
4. 山頂、凹地、峠等は、等高線の描画漏れを防ぐため、その標高を測定し、必要に応じて、標高値をデータファイルに記録する。
5. 地形補備測量を行う場合においては、高木の密生地等で等高線の精度を維持し難い地域は、その部分を区分できるように表示する。

(分類コード)

第68条 取得する数値図化データには、原則として、その種類を表すための分類コードを付すものとする。

<第 68 条 運用基準>

分類コードは、拡張デジタルマッピング実装規約（案）の「デジタルマッピング取得分類基準」を標準とし、適宜略コード等を使用することができる。

(地形データの取得)

第69条 地形表現のためのデータ取得は、等高線法、数値地形モデル法、マップデジタル化法又はこれらの併用法で行うものとする。

<第 69 条 運用基準>

1. 等高線法によりデータを取得する場合は、距離間隔（図上換算距離）1mm 又は時間間隔 0.3 秒を標準とし、地形の状況に応じて変更できる。
2. 数値地形モデル法によりデータを取得する場合は、所定の格子点の標高値を図化機により直接測定し記録するが、必要に応じて等高線から計算処理で発生させることができるものとする。ただし、自動標高抽出技術（ステレオマッチング）を用いた数値地形モデル法及びその標高値により等高線データの取得は行ってはならない。
 - (1) 所定の格子点間隔は、仕様に従い選択する。
 - (2) 任意の点は、必要に応じて第71条の規定を準用して選択する。
3. 数値地形モデルのデータをそのまま採用し、成果とする場合は、点検プログラム又は出力図により、データの点検を行う。

(標高点の位置)

第70条 標高点の位置は、地形判読の便を考慮して選定するものとする。

<第 70 条 運用基準>

1. 標高点を選定する位置は、次のとおりとする。
 - (1) 主な山頂
 - (2) 道路の主要な分岐点及び道路が通ずるあん部、その他の主要なあん部
 - (3) 谷口、河川の合流点、広い谷底部又は河川敷
 - (4) 主な傾斜の変換点
 - (5) その付近の一般面を代表する地点
 - (6) 凹地の読定可能な最深部
 - (7) その他地形を明確にするために必要な地点
2. 標高点は、なるべく等密度に分布するように配置するものとし、その密度は、地図情報レベル相当で図上 4cm 平方に 1 点を標準とする。

(標高点の測定)

第71条 標高点の測定は、1回測定を行ったあと、点検のための測定を行うものとする。

<第71条 運用基準>

点検のための測定を行った結果、次表に定める較差を超えた場合は、再度、標高点の選定及び測定を行う。

地図情報レベル	較 差
500	0.1m 以内
1000	0.2m 以内
2500	0.4m 以内
5000	0.6m 以内
10000	0.8m 以内

(出力図の作成)

第72条 数値図化データは、プロッタ等により地図情報レベル相当の縮尺で、出力図を作成するものとする。

(数値図化データの点検)

第73条 数値図化データの点検は、前条において作成された出力図を用いて、空中写真及び現地調査資料等により行うものとする。

<第73条 運用基準>

数値図化データの点検は、次について行う。

- (1) 取得漏れ、平面位置及び標高の誤りの有無
- (2) 接合の良否
- (3) 標高点の位置、密度、測定値の良否
- (4) 地形表現データの整合

第3編 資料

第1章 標準様式

様式 - 1

GPS 基準局観測記録簿

作業名		GPS 受信機	
観測日時		作業開始時間	
観測者		作業終了時間	
観測地点名		備考	
アンテナ高	m		

観測 NO.	時刻	PDOP	衛星数	メモリ残	バッテリー残	天候	備考

観測状況は 10～15 分間隔で記入すること。

PDOP、衛星数、降雨等状況が変化した場合も記入すること。

様式 - 2

GPS 観測データファイル説明書

観測 NO.	送付ファイル名	備考

撮 影 記 録 簿

地区名				作業機関				撮影士				操縦士				整備士											
撮影年月日		平成 年 月 日		基地				機体		JA		カメラ				離陸		時 分									
撮影高度		ft		ft		基地標高				m		レンズ		F		mm		飛行時間		時 分							
		A m		B m		基準面標高		A m		B m				No.													
縮尺		1		1		計器高度		m		m		フィルム						計器速度		km/H ML/H							
気 象		天 気		気 流		風 向		°		煙 霧		気 温		ft		°C		地上(離)		°C		気 圧		離 陸		hPa	
						風 速		L/H						ft		°C		地上(着)		°C				着 陸		hPa	
コース No.	開始 時刻	終了 時刻	フィル ター	露出	絞り	修正 角	フィルムNo.	枚数	進行 方向	摘要	(撮影区域全体を表示する)																
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
							～																				
ロール No.			-		コース	マガジンNo.				合 計																	
			-		コース	マガジンNo.				枚																	

注1. 撮影されたコースは、中間検査後撮影略図のコースを赤線で表示する。
 2. 採用時にA, Bコースと分割して採用されたときは、コースNo. 欄に「○A, ○B」と記載し、撮影略図にABコースの範囲を明確に表示する。
 3. 基準面を異にして撮影する場合は、A, Bに区別する。

撮影コース別精度管理表

地区名				縮尺		対地高度		基準面高		撮影高度		コース間		C		%		※		※受付月日		平成 年 月 日					
地方名								地面高				C		C		C		%		%		作業		機関名			
コース				計画		1/		m		m		m		C		C		C		%		%		主任		技術者	
カメラ		mm		実施		No.		m		m		m		C		C		C		%		%		社内		検査者	
飛行方向		撮影		No.		1/		m		m		m		C		C		C		%		%		社内		検査者	
N		E		h:m		No.		m		m		m		C		C		C		%		%		社内		検査者	
W		S		月		No.		m		m		m		C		C		C		%		%		社内		検査者	
				日		差		m		%		%		C		C		C		%		%		社内		検査者	
								m		%		%		C		C		C		%		%		社内		検査者	

写真番号		採 否	コース方向 重複度		回転・傾斜角		航 跡 の ず れ	階 調	光 輝 暗 影		シ ャ ド ー	ス ポ ッ ト	ボ ケ ・ ブレ	現 像 剤	ゴ ミ ・ キ ズ	雲 ・ 雲 影	煙 霧	ケ ラ レ	静 電 気	指 標 明 否	計 器 明 否	対 標 明 否	障 害 事 項
No.	編集 番号		最小 OL	主点 基線長	K	φ ω			ハ レ ー シ ョ ン	暗 影 部													

平均及集計			(最小値)	(最大値)		(最大)	(最大)	(最大)															

※ 監督 所見																					月	監督員
※ 検査 所見																					日	検査員

注1. ※印の欄は、計画機関が記入する。
 2. ハレーションは、場所の判別(海、川、池、屋根等)を記入する。
 3. 撮影高度は、大きい方の値を(撮影高度) - (計画撮影高度) = 差(m)
 差 ÷ (計画対地高度) = %

直接定位計算精度管理表

作業名または地区名		撮影年月日		使用カメラ		使用機器		計画機関		作業班長		印												
		撮影縮尺		使用レンズ		使用ソフト		作業機関		社内検査者		印												
コース数		機体番号		キネマティックGPS解析							最適軌跡解析													
写真枚数				使用したGPS基準局		1)		2)		3)		仰角マスク		度		除外されたGPSデータ数		最大連続除外数						
コース番号	撮影高度 (m)	写真番号	開始時刻	終了時刻	衛星平均数 (上段)	DOPの平均値(上段)と最大値(下段)			往復差の平均値(上段)と最大値(下段) (m)			解の品質基準				位置 標準偏差の平均値(上段)及び最大値(下段) (m)			位置 標準偏差の平均値(上段)及び最大値(下段) (m)			姿勢 標準偏差の平均値(上段)及び最大値(下段) (度)		
						PDOP	HDOP	VDOP	X(E)	Y(N)	Z	フィックス解	安定フロート解	収束フロート解	その他	X(E)	Y(N)	Z	X(E)	Y(N)	Z	X(E)	Y(N)	Z
作業者				社内検査期間		人日		オフセット・ポアサイト値		オフセット REF→GPS	dx=	dy=	dz=	オフセット REF→IM U	dx=	dy=	dz=	ポアサイト REF→IM U	同時調整 Ty=	Tz=				

空中写真数値化 作業記録簿・点検記録簿

地区名	2500 都市計画図作成 〇〇地区	作業機関	〇〇〇〇株式会社	作業者	〇 〇 〇 〇
数値化年月日	2005.12.15	撮影縮尺	1/12,500	航空カメラ	RC-30/153.96
使用スキャナ装置	PhotoScan	スキャナ 点検証明書 取得年月日	2005.08.22	点検機関	□□□□株式会社

点検項目

項 目	内 容	良 否	備 考
ランプ	スキャナランプ切れ・照射不足がないかを確認する	良	
電源	スキャナの電源部分に故障がないかを確認する	良	
システム	数値化ソフトウェアが正常に動作することを確認する	良	
動作異常	スキャナ動作時における動作異常がないことを確認する	良	
テストスキャン	数値化結果に幾何精度・輝度値に異常がないかを確認する	良	

コース No.	開始 時刻	終了 時刻	数値化 寸法	ピ ット 数	画 像 形 式	写 真 番 号	枚 数	飛 行 方 向	摘 要	(撮影地域全域を表示する)	
										N	↑
4	11 ^h 32'	12 ^h 12'	0.021	24	TIFF	1 - 19	19	→			
3	13 ^h 05'	13 ^h 52'	〃	〃	〃	1 - 20	20	←			
2	14 ^h 12'	15 ^h 06'	〃	〃	〃	1 - 19	19	→			
1	15 ^h 17'	16 ^h 27'	〃	〃	〃	1 - 21	21	→			
5	16 ^h 34'	17 ^h 16'	〃	〃	〃	1 - 17	17	←			
									枚	合計	
									枚	枚	

数値化寸法の単位は mm とする。ビット数が「8」は白黒、「24」はカラーを意味する。

空中写真の数値化 撮影コース別精度管理表

地区名 地方名	2500 都市計画図作成 ○○地区	縮 尺	撮影年月日	2005.12.10	作 業 機関名	○ ○ ○ ○ 印
コース名	C10	1/12,500	使用スキャナ 装置	PhotoScan	社 内 点検者	△ △ △ △ 印
カメラ名	RC-30/153.96	ロール 番号	数値化 寸法	0.021mm	作業班長	◇ ◇ ◇ ◇ 印
飛行方向	→	1	ビット数	24 ビット (RGB カラー)	社内点検 年月日	社内検査者
数値化 月 日	1 月 9h10m 30 日 16h50m		データ形式	非圧縮 TIFF 形式		印

写真番号		採 否	範 囲 良 否	指 標 明 否	カ ウ ン タ 番 号 明 否	カ メ ラ 情 報 明 否	ゴ ミ ・ き ず	ボ ケ ・ ブレ	色 調 良 否	障害事項 その他
カ ウ ン タ 番 号	編 集 番 号									

空中写真の数值化 撮影ロール別精度管理表

作業名	2500 都市計画図作成	作業量	主任技術者	作業 機関名	〇 〇 〇 〇印	社 内 点検者	△ △ △ △ 印
地区名	〇〇地区			作業班長		◇ ◇ ◇ ◇ 印	

番号	ロール 番 号	撮影年月日	コース名	写真番号	写真 枚数	最大指標 残存誤差	NG*写真番号	備 考
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				
				~				

* 所定内精度基準値：最大値で 30 μ m 以内

数 値 写 真 一 覧 表

メディア ラベル名	フォルダ 名	数値写真ファイル名	ロールフイ ルム番号	カウンタ 番号	備考
〇〇CHIKU01	C01	03-C1_0001.TIF	1	0812	
		03-C1_0002.TIF	1	0813	
		03-C1_0003.TIF	1	0814	
		03-C1_0004.TIF	1	0815	
		03-C1_0005.TIF	1	0816	
		03-C1_0006.TIF	1	0817	
		03-C1_0007.TIF	1	0818	
		03-C1_0008.TIF	1	0819	
		03-C1_0009.TIF	1	0820	
		03-C1_0010.TIF	1	0821	
		03-C1_0011.TIF	1	0822	
		03-C1_0012.TIF	1	0823	
〇〇CHIKU02	C02	03-C1_0001.TIF	1	0838	
		03-C2_0002.TIF	1	0837	
		03-C2_0003.TIF	1	0836	
		03-C2_0004.TIF	1	0835	
		03-C2_0005.TIF	1	0834	
		03-C2_0006.TIF	1	0833	
		03-C2_0007.TIF	1	0832	
		03-C2_0008.TIF	1	0831	
		03-C2_0009.TIF	1	0830	

同時調整精度管理表

作業名または地区名			作業量		調整方法		作業期間				作業機関		作業班長		印			
			コース数 写真枚数		バンドル法		自平成 年 月 日 至平成 年 月 日						社内 検査者		印			
コース 番号	撮影 高度 (m)	写真 番号	基準点数		計算から 除外した点数		検証時の 調整点(検証点)較差 固定点以外全点記載			最終調整時の 調整点(基準点)残差 (下段に重量を()書きする)			タイポイント交会残差 (下段に重量を()書きする)					
			水平位置 (点)	標高 (点)	水平位置 (点)	標高 (点)	点名	水平位置 (m)	標高 (m)	点名	水平位置 (m)	標高 (m)	標準偏差 (μ m)	最大 (μ m)	標準偏差 (μ m)	最大 (μ m)	標準偏差 (μ m)	最大 (μ m)
														X	Y	XY		
											(例:0.10,0.10)	(例:0.10)	(例:6.5)	(例:6.5)	制限値		15	30
											調整点残差 標準偏差 (m)		制限値					
											調整点較差 最大値 (m)		調整点残差 最大較差 (m)					
											制限値		制限値					
使用機器		デジタルステレオ図化機				作業者				社内 検査期間		人日						

標準偏差 = $\sqrt{(\sum(r-m)^2) / n}$ ここでr=残差、n=点数、m=残差の平均値

数値図化精度管理表

図郭及びモデルの範囲

地区名	地図情報レベル	作業期間	自 年 月 日	作業機関	
図名又は図葉番号	作業量	至 年 月 日		社内検査者	印
				作業班長	印

--	--	--

モデル番号	1	2	3	4	5
図化機名					
作業員					

モデル番号	写真番号	対地標定記録 (上段:基準点、下段:パスポイント)														標準使用点数	接合の良否	
		平面位置の標定残差(mm)							標高の標定残差(m)								上段:平面	上段:モデル間
		左	右	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5以上	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	0.7~1.0	1.0~1.5以上		下段:標高	下段:図郭間
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		

展開の精度		
項目	0.2mmを超えた数	最大(mm)
図郭方眼		
基準点		
パスポイント		
タイポイント		

該当なし

該当なし

モデル番号	図式分類 (図化漏れ数、誤コード数) 上段:図化漏れ 下段:誤コード																			
	境界等	道路	道路施設	鉄道	鉄道施設	建物	建物付属物	建物記号	公共施設	その他小物体	水部	水部構造物	法面構圍	諸地場地	植生	等高線	変形地	基準点	注記	
	(11**)	(21**)	(22**)	(23**)	(24**)	(30**)	(34**)	(35**)	(41**)	(42**)	(51**)	(52**)	(61**)	(62**)	(63**)	(71**)	(72**)	(73**)	(81**)	
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				

備考

空中写真用スキャナ機器点検要領（案）

1. 要 旨

- (1) この要領は、空中写真用スキャナ機器点検の標準を示すものである。
- (2) 点検により、空中写真用スキャナ機器点検証明書が作成される。
- (3) 以下の各号に示す資料を提出する。
 - イ) 空中写真用スキャナ機器点検証明書
 - ロ) 作業手簿、図表及び図表作成に要した資料一式
- (4) 特に請求があった場合には、次のものを提出する。
 - イ) ハードウェア調整実施の点検実施資料一式

2. 実 施

- (1) 点検は空中写真用スキャナ機器点検証明書（以下、「証明書」という。図表1）に定められた各項目について行う。
- (2) 幾何精度を点検するときに使用する精密格子板は、5×5点以上の格子密度を有し、230mm×230mm以上の範囲の幾何精度を検定可能なものとし、公的に認知された専門計測機関による認証が明示されている精密格子板とし、その他のデータを使用してはならない。
- (3) 空中写真用スキャナ機器は、点検技術を有する第三者機関の点検を受ける。
- (4) 空中写真用スキャナ機器のハードウェア調整として、少なくとも次の3つの調整を実施すること。

なお、ハードウェア調整に関しては、メーカーによる違いもあるため調整項目と調整内容結果について、リスト形式で記入するものとする。（参考：図表2）

イ) 平面度調整

CCDライン、或いはCCDプレーン（面）がフィルム圧定ガラス面と平行になるよう調整する。

ロ) 平行性調整

CCD素子の配列軸が、スキャナの定義する座標軸と平行になるよう調整する。

ハ) 感度調整

CCD素子の感度が適切かつ均一になるよう調整する。

- (5) 空中写真用スキャナ機器点検は、ハードウェア調整終了後、次の2つの幾何点検を行う。

なお、空中写真用スキャナ機器の最終的な点検結果は、この幾何点検の結果により判断する。

 - イ) スキャン画像の幾何精度測定

スキャンした精密格子板の画像から格子点の2次元座標値を測定し、精密格子板の検定値と比較する。点検には5×5点以上の格子点を用いる。点検の結果は、スキャン画像の幾何精度測定記録（図表3）に記入するとともに幾何精度の較差ベクトル図（図表4）に表示する。

ロ) スキャン画像の幾何精度再現性測定

数値化における再現性を測定するため、スキャン画像の幾何精度測定を2回以上実施し、較差の測定を行う。点検の結果は、スキャン画像の幾何精度再現性測定記録（図表5）に記入するとともに再現性精度の較差ベクトル図（図表6）に表示する。

空中写真用スキャナ機器点検証明書

スキャナ装置名：	機械 No.
所有機関：	点検機関：
精密格子板シリアル No：	精密格子板証明書 No.：
点検年月日： 年 月 日	点検者： 印

数値化誤差

1) 幾何精度

平均二乗誤差：x 方向 μ m (許容範囲：±0.002mm 以内)

平均二乗誤差：y 方向 μ m (許容範囲：±0.002mm 以内)

2) 再現精度

平均二乗誤差：x 方向 μ m (許容範囲：±0.004mm 以内)

平均二乗誤差：y 方向 μ m (許容範囲：±0.004mm 以内)

* 平均二乗誤差の計算

1) 幾何精度の場合

$$\text{平均二乗誤差} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\text{真値}_i - \text{観測値}_i)^2}{N}}$$

2) 再現性精度の場合

$$\text{平均二乗誤差} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\text{較差}_{1i} - \text{較差}_{2i})^2}{N}}$$

較差 k_i = 真値 k_i - 観測値 k_i

i : 観測点番号, k : 観測回番号

N : 格子点数

ハードウェア調整結果表（参考例）

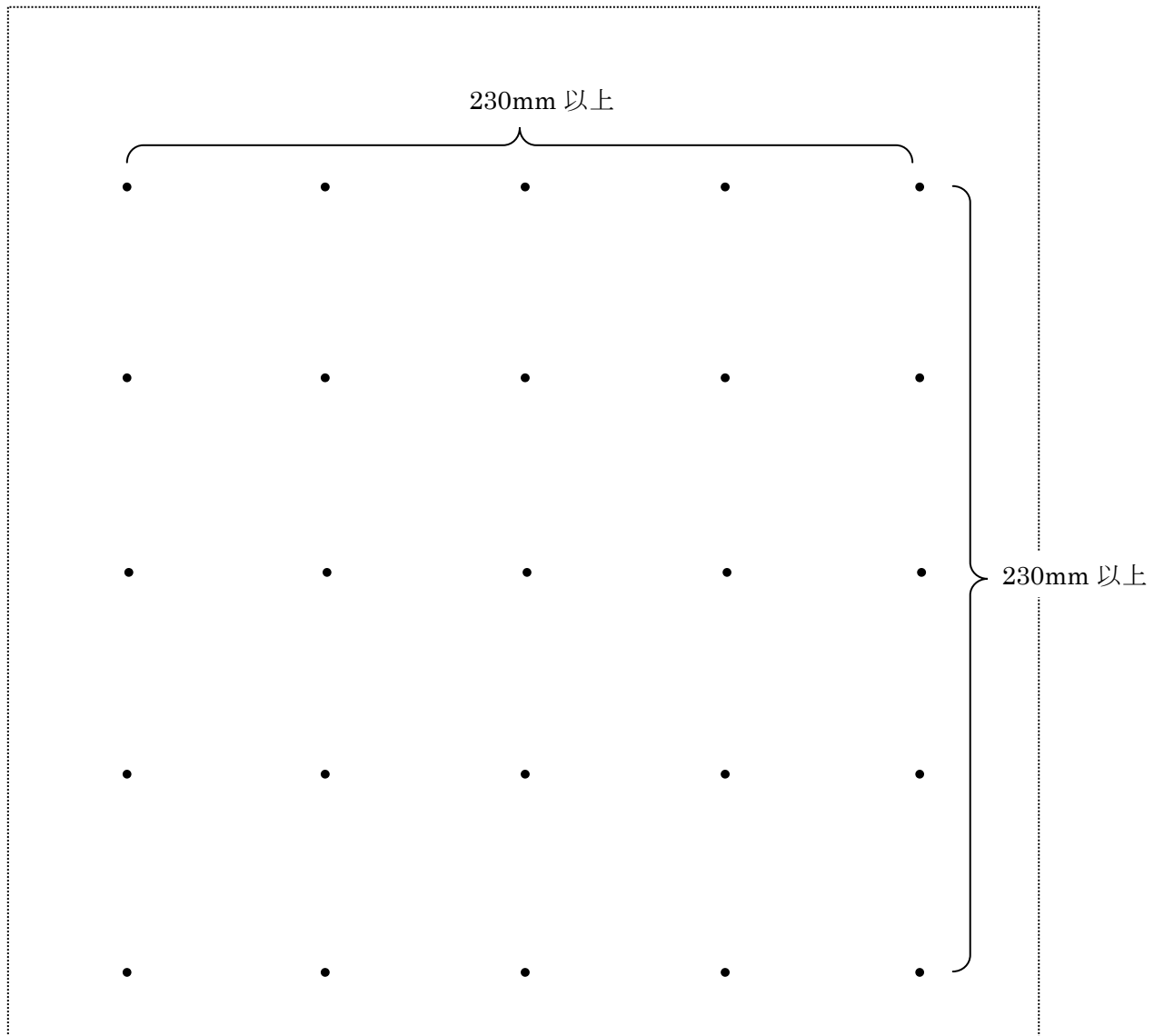
No.	調整項目	調整内容	結果	備考
1	平面度調整			
2	平行性調整			
3	感度調整			

スキャン画像の幾何精度測定記録

No.	真値(μ m)		観測値(μ m)		較差(μ m)	
	X	Y	X	Y	VX	VY
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						

最大値 _____
 平均二乗誤差 _____

幾何精度の較差ベクトル図



幾何精度の較差ベクトル図 (5×5 格子の場合)

1	6	11	16	21
2	7	12	17	22
3	8	13	18	23
4	9	14	19	24
5	10	15	20	25

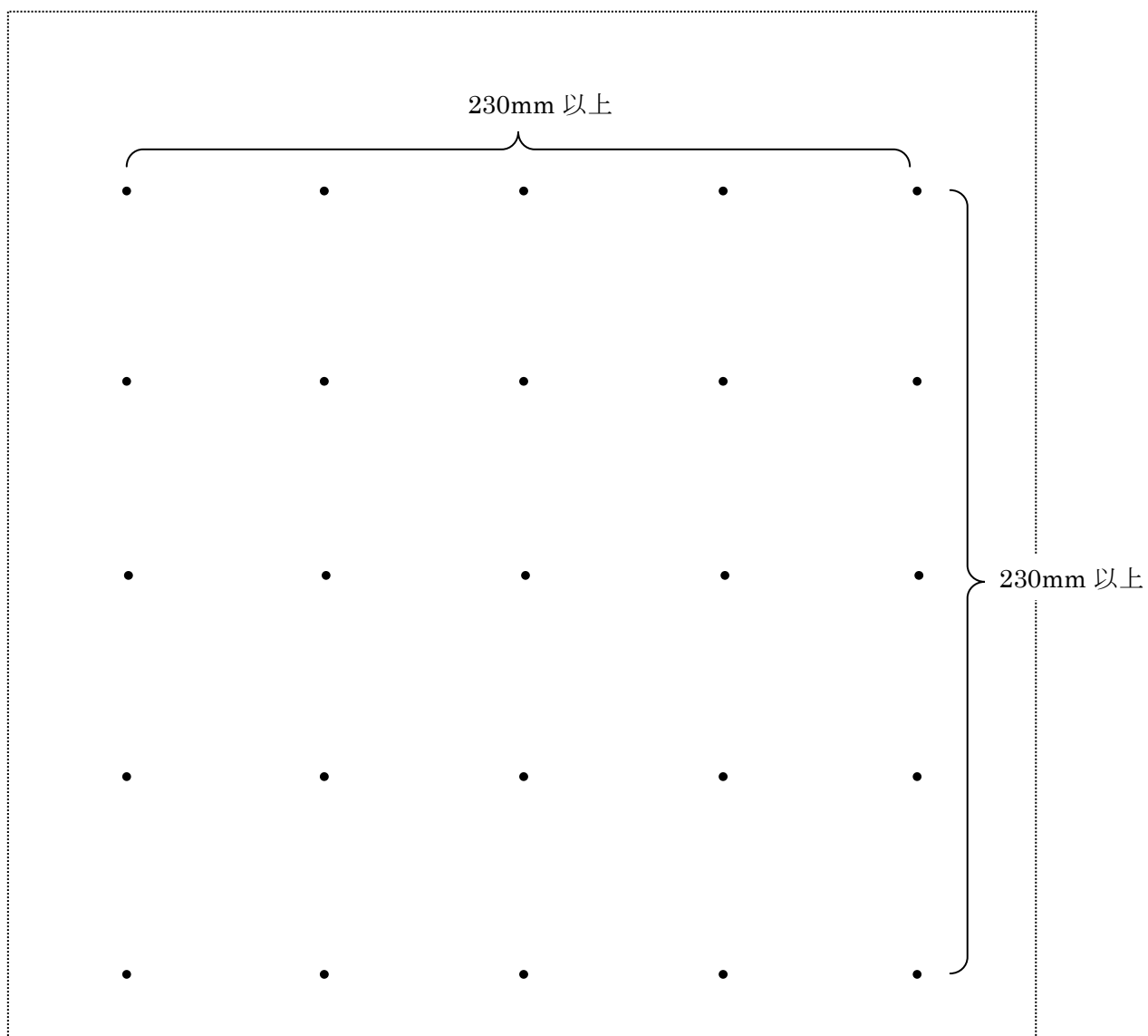
点配置

スキャン画像の幾何精度再現性記録

No.	1 回目較差(μ m)		2 回目較差 μ m)		較差差(μ m)	
	X	Y	X	Y	VX	VY
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						

最大値 _____
 平均二乗誤差 _____

再現性精度の較差差ベクトル図



再現性精度の較差差ベクトル図 (5 × 5 格子の場合)

1	6	11	16	21
2	7	12	17	22
3	8	13	18	23
4	9	14	19	24
5	10	15	20	25

点配置

直接定位装置機器点検要領（案）

1. 要 旨

- (1) この要領は、直接定位装置機器点検の標準を示す。
- (2) 点検により、直接定位装置機器点検証明書が作成される。
- (3) 以下の各号に示す資料を提出する。
 - イ) 直接定位装置機器点検証明書
 - ロ) 作業手簿、図表及び図表作成に要した資料一式

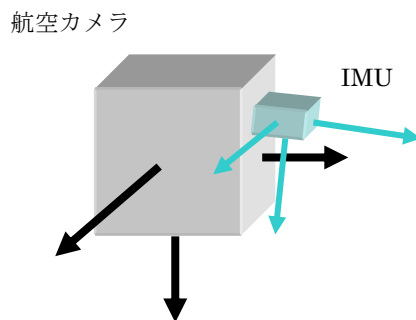
2. 実 施

- (1) 点検は直接定位装置機器点検証明書（以下、「証明書」という。）に定められた各項目を記載し実施する。
- (2) 直接定位装置機器は、作業機関が点検を実施する。

注意事項：

直接定位装置機器点検実施前、取り付けられた GPS、IMU の各装置のレバーアーム測定が実施済みであること。

撮影は、2 コース以上でそれぞれの撮影方向が対向すること。



3. 備考

直接定位装置の機器点検とは、IMUの3軸と航空カメラの3軸の差（ミスアライメント角）を求める作業をいい、ボアサイトキャリブレーションと呼ばれる。

レバーアーム測定とは、カメラの投影中心とGPSアンテナ及びIMU装置との間の位置関係を測定する作業をいう。

第2章 参考資料

2.1 実証実験結果

1) 直接定位撮影

直接定位装置が導入されるようになり、多くの検証や実績が積み重ねられ、地図情報レベル 500、2500 の数値図化が可能な外部標定要素データが取得できることが報告されてきた。

本マニュアルの規定を決定するため、直接定位撮影で得られる外部標定要素データを用いて検証点精度の実証実験を実施した。実験では、撮影縮尺の違い、使用直接定位装置の違い、使用地上 GPS 基準局の違い（取得データ間隔、及び撮影対象地域からの距離）、さらに異なるボアサイティング数値の影響等について実証実験を行った。その結果について以下に示す。

① 撮影縮尺

直接定位撮影で得られる外部標定要素データは、撮影の状況や GPS 観測の受信状況等により異なるが、地図情報レベル 500～2500 相当の精度を持っていることが検証結果から確かめられた(表 1)。ただし、大縮尺撮影の場合、Z 座標誤差が大きくなる傾向がある。そのため、同時調整においては基準点の使用や移動補正量 (DATUM SHIFT) 等付加パラメータの導入が必要となる場合もある。

表 1 直接定位撮影で得られた外部標定要素の検証結果

撮影縮尺(地区)	使用システム	検証点の平均二乗誤差(単位 m)			
		X	Y	XY	Z
1/4,000(豊中)	POSAV310	0.103	0.188	0.214	0.097
1/4,000(平塚)	POSAV510	0.102	0.204	0.228	0.152
1/4,000(札幌)	AEROcontrol	0.066	0.121	0.138	0.199
1/12,500(秦野)	POSAV510	0.406	0.255	0.479	0.532
1/11,000(札幌)	AEROcontrol	0.163	0.327	0.365	0.340

② システム機器

直接定位装置 (POS システム、AEROcontrolCCNS) の違いはほとんど無く、両システムともに直接定位撮影の使用に問題は無く、また同一製品の性能の違い (POS システム AV310、AV510) が検証点精度へ与える影響は小さく、POS システムでは AV310 以上の製品性能があれば問題ない結果であることが確認できた。

③ 電子基準点

使用する GPS 基準点及び電子基準点 (以下、「GPS 基準局」という。) の距離及びデータ間隔において、70km 以内の GPS 基準局 30 秒間隔データから内挿により作成した 1 秒間隔のデータを使用した場合でも、検証点精度の結果から大きな影響は見られないことが確認できた(表 2)。しかし、距離 70km を超える場合では、最適軌跡解析における干渉測位によるキネマティック解析結果に品質の低下がみられたため、使用可能な GPS 基準局の距離は 50km 程度と考えることが妥当である。

表 2 GPS 基準局の違いによる検証結果

距離 (データ間隔)	検証点の平均二乗誤差 (単位 m) (1/4,000/1/12,500)			
	X	Y	XY	Z
ブロック中央付近 km(1秒)	0.102/0.406	0.204/0.255	0.228/0.479	0.152/0.532
30km 以内 (30 秒)	0.104/0.401	0.181/0.247	0.209/0.471	0.152/0.571
50km 以内 (30 秒)	0.120/0.418	0.094/0.284	0.152/0.506	0.235/0.583
70km (30 秒)	0.104/0.406	0.158/0.335	0.190/0.526	0.147/0.524

距離は、地上 GPS 基準局から撮影ブロック中央部までの概算値

④ ボアサイティング

縮尺 1/12,500 の空中写真ポジフィルムを用い、外部標定要素の算出及び IMU 装置座標系とカメラ座標系の座標系変位算出を異なるソフトウェアの組み合わせで実施し、ソフトウェアの違いが検証点精度へ与える影響は小さいことを確認した(表 3)。

表 3 ソフトウェア別ボアサイティング結果

No.	使用ソフトウェア		検証点の平均二乗誤差 (単位 m) (1/12,500)			
	外部標定要素	座標系変位	X	Y	XY	Z
1	SocetSet	POSE0	0.406	0.255	0.479	0.532
2	BLUH	POSE0	0.341	0.506	0.610	0.568
3	凶化名人	POSE0	0.527	0.287	0.600	0.534
4	SocetSet	POSE0	0.416	0.260	0.491	0.533
5	SocetSet	POSCal	0.361	0.248	0.438	0.530

- ・ No. 1とNo. 4は、ソフトウェアを同一条件にし観測者を変えて検証。
- ・ No. 5は、カメラレンズ及びカメラマウントを取り付けなおした後に実施。

ボアサイティングは、IMU 装置座標系とカメラ座標系 (参照系) との座標系における回転角度の関係を厳密に調整することである。そのため、ボアサイティングの標準偏差が小さいデータセットではモデルでの整合性がよく、ステレオモデルの縦視差が小さくなる傾向がある。従って、直接定位により得られる外部標定要素データをそのまま使用する場合、ボアサイティングの標準偏差が小さいデータセットが有効である。しかし、直接定位により得られる外部標定要素データを使用した同時調整計算を行う場合は、回転角度の影響は調整されるため、ボアサイティングを厳密に行う必要はないと言える。

今回の実験は、検証点精度で直接定位撮影の精度検証を行ったが、実際の直接定位撮影では後工程である同時調整を実施しないと測地座標系での精度は把握できない。しかし、今回の実証実験で行った最適軌跡解析結果と検証点での精度検証結果を考慮した上、各種の基準値を策定した。この基準は、後工程の同時調整における精度を保障するものであると考える。

2) 同時調整

本マニュアルに基づき実証実験を実施した。今回の実験には4種類のソフトウェアが用いられた。全てのケースで、直接定位による外部標定要素をマッチングの際の初期値として使用し、自動処理によるパスポイント・タイポイントの生成を行っている。同様に、調整計算時には直接定位による外部標定要素を同時調整している。また、調整計算時の異常値検索機能により不良点を抽出、削除し、基本配点に満たない位置にパスポイント・タイポイントをマニュアル観測により追加する手法をとっている。対象地域の特性によっては自動抽出が困難であったり、精度が不良であったりすることも考えられるが、処理の進め方としては今回選択された手法が標準的であると考えられる。

作業規程の数値図化において数値写真の数値化寸法は $10\mu\text{m}$ と規定されているが、その後多くの検証や実績が積み重ねられ、数値化寸法 $20\mu\text{m}$ の数値写真でも所定の精度が得られることが実証されてきた。本マニュアルの検証ではカラー撮影のネガフィルムから画素の大きさ $10\mu\text{m}$ で数値化した数値写真と、この数値写真をリサンプリングした $20\mu\text{m}$ 数値写真を用いて比較を実施した。この結果、ブロックの精度指標である σ_0 は、ソフトウェアや設定値の違いはあるものの、 $10\mu\text{m}$ 画像、 $20\mu\text{m}$ 画像ともに $3\mu\text{m}$ から $7\mu\text{m}$ の値となった。ほとんどのケースで $10\mu\text{m}$ 画像と $20\mu\text{m}$ 画像の間に差は見られず、最も顕著に出た例でも $10\mu\text{m}$ 画像が $5\mu\text{m}$ 程度で $1/2$ ピクセル相当、 $20\mu\text{m}$ 画像が $7\mu\text{m}$ 程度で $1/3$ ピクセル程度であり、数値化寸法の差が2倍あっても最終的な精度は1.4倍しか変わっていないことが確認できた。また、検証点による精度検証結果においても数値化寸法による有意な差が無いことが確認できた。ケースによっては $20\mu\text{m}$ 数値写真のマッチングの方が良好な結果も得られた。今回の検証を通じて $1/4,000$ 撮影、 $1/12,500$ 撮影とも、カラーの $20\mu\text{m}$ 数値写真を用いて所定の精度を満たすことが確認できた。

図1及び図2に今回使用した $10\mu\text{m}$ 画像と $20\mu\text{m}$ 画像及び同様にリサンプリングした $21\mu\text{m}$ 画像の比較を示す。



指標画像 $10\mu\text{m}$ 数値写真 (左)、 $20\mu\text{m}$ 数値写真 (中央)、 $21\mu\text{m}$ 数値写真 (右)

図1 画素寸法別画質の検証



交差点 10 μ m 数値写真 (左)、20 μ m 数値写真 (中央)、21 μ m 数値写真 (右)



交差点 10 μ m 数値写真 (左)、20 μ m 数値写真 (中央)、21 μ m 数値写真 (右)



交差点 10 μ m 数値写真 (左)、20 μ m 数値写真 (中央)、21 μ m 数値写真 (右)



交差点 10 μ m 数値写真 (左)、20 μ m 数値写真 (中央)、21 μ m 数値写真 (右)

図2 画素寸法別図化判読の検証

図1で指標の部分の画像を見ると、全体的な見え方はほぼ同様であるが、10 μ m画像ではフィルム粒子に起因する陰影が顕著になっている。10 μ m画像ではこれらがノイズとなってマッチングに影響を及ぼしていることも考えられる。図2は交差点部における比較である。図化判読を行うための拡大表示を行っても、これらに大きな差が無いことがわかる。また、同時調整時の σ_0 の値を見た場合でも10 μ m画像と20 μ m画像の間に大きな差が無く、20 μ mと21 μ mの差は地上換算で撮影縮尺

1/12,500では12.5mm、1/4,000撮影では4mmである。これらにより、広く利用されている21 μ m画像と実験で採用した20 μ m画像との差もきわめて微小なもの、あるいは有意な差はないものと判断できる。実際の判読に及ぼす影響も、極めて少ないと考えられる。従って、本マニュアルでは21 μ m画像の実験データも踏まえ数値化の画素寸法を21 μ m以内としている。

パスポイント・タイポイントの観測は、デジタル空中写真測量システムにより半自動、あるいは自動で内部標定を行った後、画像相関による自動取得により実施している。パスポイント・タイポイントの配置設定は使用するソフトウェアにより若干異なる。また、使用するソフトウェア毎に、マッチング手法等に即した各種のパラメータを設定する必要がある。本検証では5 \times 5、5 \times 3（従来の5点法）、3 \times 3（従来の3点法）に相当する配点を適宜選択して比較した。この結果、3 \times 3の配置でも十分な精度を得ることが可能であり、5 \times 3、5 \times 5の高密配置を行っても、ブロック精度をさほど向上させないことが確認できた。従って、パスポイント・タイポイントの最終的な配置は、作業規程の規定を踏襲することで対応できると結論づけた。さらに、直接定位による外部標定要素と写真観測値の同時調整をバンドル法によって実施した。ソフトウェア毎に若干手法は異なるが、全てのソフトウェアが異常値の自動検索機能を備えており、本実験の過程でもこれらが用いられた。また、調整計算時に、GPS座標系と地上座標系の定誤差をモデル化した付加パラメータを導入することにより、定誤差を排除し、より高精度の結果を得ることができた。

直接定位による外部標定要素を同時調整する場合、従来の空中三角測量と比較して大幅な地上基準点数の軽減が図れることは既知の事実である。本マニュアルで規定する最低基準点数に関して、ブロック周辺部の4点固定の場合を検証した。さらにブロック中央部の1点固定、現行の作業規程に則った基準点配置による通常空中三角測量結果との比較も一部行った。この結果、基準点は4点あるいは1点でも、現行の空中三角測量の結果と同等以上の成果を得ることが確認できた。

本マニュアルではブロック4隅と中央部の計5点を標準配置としたが、ブロック4隅4点の場合（20 μ m画像、3 \times 3のパスポイント配置）の検証点の平均二乗誤差の平均は、1/4,000ブロックの平面方向で11cm（図化要求精度15cm）、高さ方向で12cm（同、20cm）、1/12,500ブロックでは平面方向で36cm（同、75cm）、高さ方向で22cm（同、50cm）程度であり、それぞれの図化要求精度（国土交通省公共測量作業規程第162条運用基準による）を十分満たすものであることが確認できた。

3) 数値図化

デジタルステレオ図化機によるモデルの構築は、デジタル空中三角測量の再現を数値的に行う事であり、空中三角測量から図化までを一貫したシステムで行う場合は、ほぼ自動的にステレオモデルが構築される。空中三角測量の結果を異なったシステム上で再現する場合は、外部標定要素を用いる方法、空中三角測量時の写真座標とその調整座標を用いて行う方法の2つが採用されている。

同時調整の工程までの精度検証に加え、数値写真による図化性能実験を実施した。本実験では、デジタルステレオ図化機で外部標定要素を用いてステレオモデルを構築し、精度検証を実施している。検証の対象は1/4,000撮影ブロックの10 μ mと20 μ mの画像との比較、及びポジフィルムによるステレオ図化結果との比較である。この結果、10 μ mと20 μ m画像で同一点として観測された位置座標の平面較差は標準偏差で4cm程度、最大でも13cm程度であった。10 μ m数値化時の1画素の地上寸法は4cmであり20 μ m数値化では8cmに相当する。座標較差の標準偏差が4cm程度という

結果からしても、同時調整の精度検証と同様、 $10\ \mu\text{m}$ 数値化と $20\ \mu\text{m}$ 数値化による大きな差は見られない。また、ポジフィルムを用いて図化した家屋の辺長に対する比較においても、 $10\ \mu\text{m}$ 、 $20\ \mu\text{m}$ 共に標準偏差が $4\ \text{cm}$ 程度であり、ここでも数値図化に十分対応できる精度を持つことが確認できた。

2.2 事例集

直接定位装置機器点検証明書の事例

直接定位装置名：Applanix POSAV510		点検年月日：2003年 2月 20日
所有機関：〇〇〇航測株式会社		点検機関：〇〇〇〇株式会社
レバーアーム測定値（実施日：2003.12.24）		
GPS 装置 X：-0.791 Y：+0.112 Z：-1.062	IMU 装置 X：0.00 Y：0.310 Z：-0.370	
IMU 取付概略ミスアライメント角度 Roll：90.0 Pitch：0.0 Yaw：0.0		
キャリブレーション キャリブレーションサイト：〇〇県〇〇市 キャリブレーション方法：POSCal 方式（基準点あり：28点）		
撮影諸元 使用航空カメラ：RC30（レンズ No. 13254） 焦点距離：152.960mm 撮影年月日：2003年 12月 24日 撮影縮尺：1/4,000 コース数・写真枚数（モデル数）：4コース，45枚（41モデル） 地上 GPS 基準局：基準 No.4		
概略撮影図		
キャリブレーション結果		合否判定
補正量	標準偏差	
tx：-43.1443 ty：-5.1352 tz：-2.6018	sdx：0.2758 sdy：0.3393 sdz：0.2238	良 否

判定基準：標準偏差が 0.5arcmin（60arcmin=1deg）以内であること。

POSCal 計算簿からの抜粋

CONTROL POINTS

ID	-- CALC-X -- (m)	-- CALC-Y -- (m)	-- CALC-Z -- (m)	-- RX -- (m)	-- RY -- (m)	-- RZ -- (m)
1	-17725.152	-144555.246	112.733	-0.012	0.100	0.014
2	-17734.400	-144874.029	105.957	-0.047	0.000	0.019
3	-18074.493	-144867.035	111.421	-0.046	-0.006	0.005
4	-17780.032	-145140.449	102.411	-0.037	-0.024	0.024
5	-18069.610	-145595.594	100.103	-0.068	-0.021	0.014
6	-17715.776	-145923.050	104.660	-0.085	0.008	-0.002
7	-18080.791	-146437.656	98.703	-0.085	0.125	-0.098
8	-17689.023	-146392.082	101.429	-0.085	-0.014	0.017
9	-17781.344	-147219.855	98.462	-0.037	-0.023	0.012
10	-18567.681	-143953.280	120.869	(match not found)		
11	-18720.275	-144430.135	119.053	-0.020	0.047	0.032
12	-18730.304	-144915.317	111.056	0.014	-0.032	-0.005
13	-18726.572	-145826.187	103.208	-0.028	-0.010	-0.032
14	-18324.034	-145776.102	100.617	-0.042	0.190#	0.088
15	-18592.941	-146537.217	100.262	-0.048	-0.030	-0.005
16	-18619.271	-147255.508	96.977	-0.102	-0.036	0.050
17	-19318.732	-144036.328	127.854	0.049	0.131	-0.003
18	-19615.692	-144533.314	111.890	0.003	0.004	-0.007
19	-19368.961	-145199.591	108.040	0.005	0.034	0.004
20	-19101.108	-145936.138	104.161	0.096	-0.129	-0.129
21	-19589.279	-146206.684	107.182	0.055	0.071	-0.031
22	-19458.252	-146558.833	105.217	0.127	-0.008	-0.048
23	-19492.842	-147155.205	102.260	0.011	-0.070	0.057
24	-20112.310	-144009.066	115.792	-0.023	0.087	0.040
25	-20179.804	-144471.252	114.940	0.098	0.061	-0.050
26	-19958.408	-145126.646	109.205	0.073	-0.011	-0.023
27	-19955.186	-145635.125	111.690	0.005	0.059	0.001
28	-20183.796	-146125.763	113.466	-0.021	-0.115	-0.003
29	-20123.746	-146768.131	107.160	-0.019	-0.093	0.059
30	-19994.473	-147598.644	101.627	(match not found)		
			RMS	0.059	0.073	0.044

BORESIGHT DATA

Boresight Angles W-P-K (X-Y-Z) order:

UNITS <----- POSEO (Air-to-Gnd) ----->

--- W --- --- P --- --- K ---

Degrees -0.71907 -0.08559 -0.04336

Arc-min -43.1443 -5.1352 -2.6018

IMU residual values (arc-min):

PHOTO	--- RW ---	--- RP ---	--- RK ---
6541	-0.0541	-0.3432	-0.1177
6540	-0.1335	0.3840	-0.1921
6539	-0.0122	0.0442	0.1297
6538	0.0896	-0.1480	0.1506
6537	-0.1757	0.4761	0.1180
6536	0.2209	-0.4741	-0.0315
6535	0.3182	0.2613	-0.0178
6534	-0.0122	0.1382	-0.1405
6533	-0.1762	0.3817	0.0420
6532	0.4737	-0.0913	0.1152
6531	0.4425	-0.0790	0.2123
6568	-0.0669	0.1868	0.3078
6567	0.1615	0.1298	0.0249
6566	-0.2048	0.7277	0.1010
6565	0.0378	0.4286	0.0639
6564	-0.1602	0.1282	0.3521

6563	0.3070	-0.1628	0.2259
6562	0.1883	0.2205	0.1681
6561	-0.3631	-0.3128	0.0747
6560	0.3793	-0.1261	0.4257
6559	0.1703	0.7640	0.0508
6558	0.3099	0.3461	0.1981
6572	-0.0037	0.3686	0.5616
6573	-0.2061	0.2595	0.2018
6574	-0.0560	0.0671	0.0290
6575	-0.2153	-0.2594	0.1216
6576	0.0629	-0.3521	0.2291
6577	0.0721	-0.0822	-0.1805
6578	0.1270	0.7230	-0.1051
6579	0.1378	0.0240	-0.1351
6580	0.1723	0.0446	0.0144
6581	0.2613	-0.1808	-0.1350
6582	0.7374	0.1932	0.0107
6545	-0.4024	0.1514	-0.5650
6546	0.0667	0.0798	-0.3221
6547	-0.0970	-0.4210	-0.3007
6548	0.4039	0.1237	-0.0880
6549	-0.0456	0.2677	-0.0784
6550	-0.4685	0.0708	-0.2805
6551	0.2256	0.2276	-0.1107
6552	0.2460	-0.1275	-0.0761
6553	0.7026	0.5758	-0.1874
6554	0.0576	0.7003	-0.1809
6555	-0.1210	0.4929	-0.0720
6556	0.4115	-0.2958	-0.5706
<hr/>			
RMS (amin)	0.2758	0.3393	0.2238
RMS (deg)	0.004596	0.005656	0.003730

空中写真用スキャナの定期点検証明書の事例

写真測量機器点検証明書

図化機名 DSW500 No. ○○○

所有機関 株式会社○○○

点検年月日 2005年4月5日

点検機関 ○○○○株式会社

点検者 ○○ ○○

承認者 ○○ ○○

下記のとおり、該当機器はトレーサブルな測定を行ったガラス格子板にて点検を行い、規定精度内に収まっていることを証明します。

記

1. 機器名 : DSW500
2. シリアルナンバー : No. 367
3. 校正に使用したガラス格子板 : ○○○株式会社所有品を使用
4. 測定機関 : 米国エネルギー省管轄の国立 Oak Ridge Metrology Center
5. 測定結果は添付書類 Page1 から Page7 のとおり。

○○○○株式会社
技術サービスチーム
○○ ○○

成績書 (Stage Calibration)

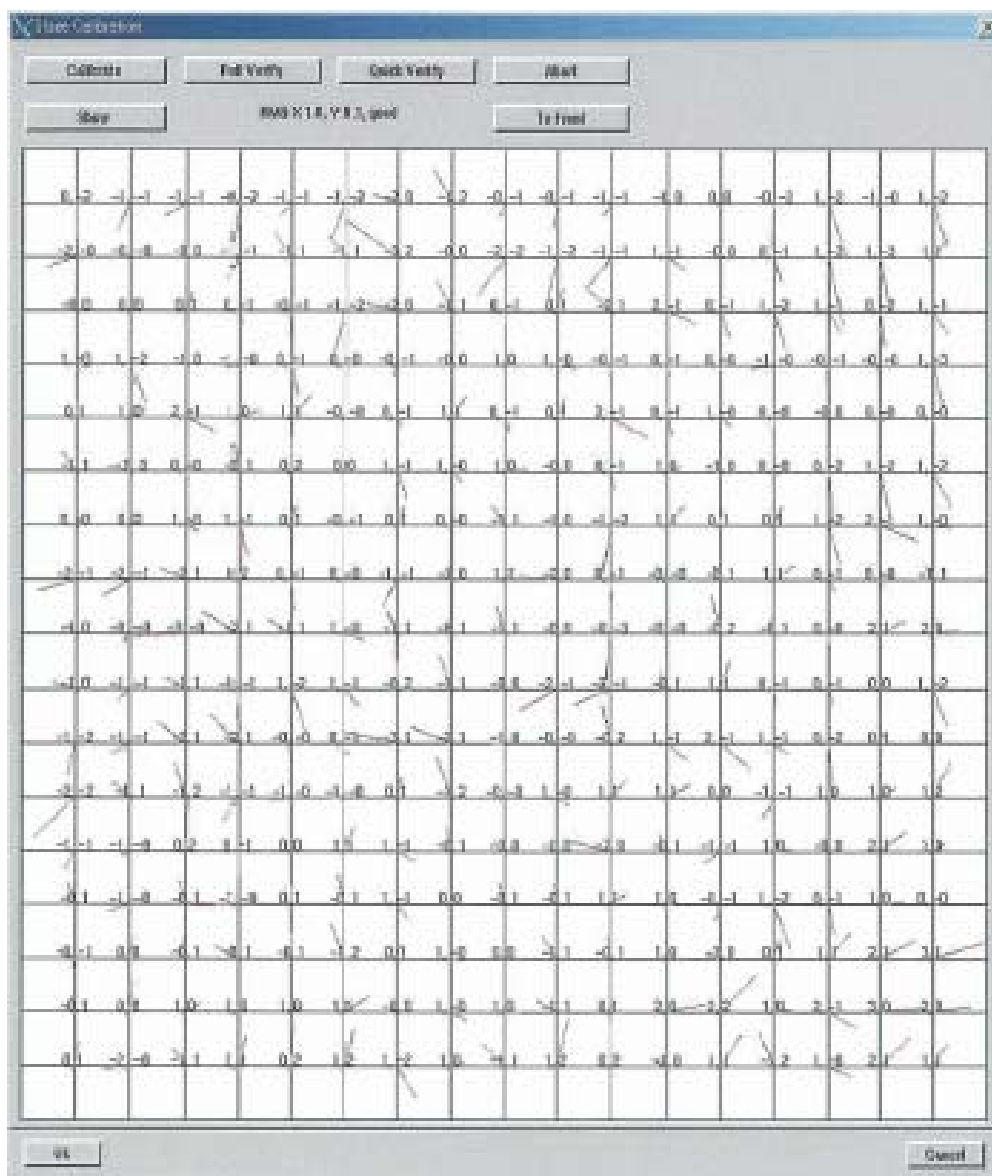
写真測量機器 DSW500 No.〇〇〇

当該機器の傾きと長さの調整後点検の結果、下のとおり許容値以内であることを証明します。

検査項目	許容値	検査結果 (μ)	
Full Verify 時の座標誤差の RMS	2.0 μ	X 軸	1.0
	2.0 μ	Y 軸	1.1

測定値は Fig.1 のとおりです。

Fig.1 Stage Calibration の結果



成績書 (Geometric Calibration)

写真測量機器 DSW500 No.〇〇〇

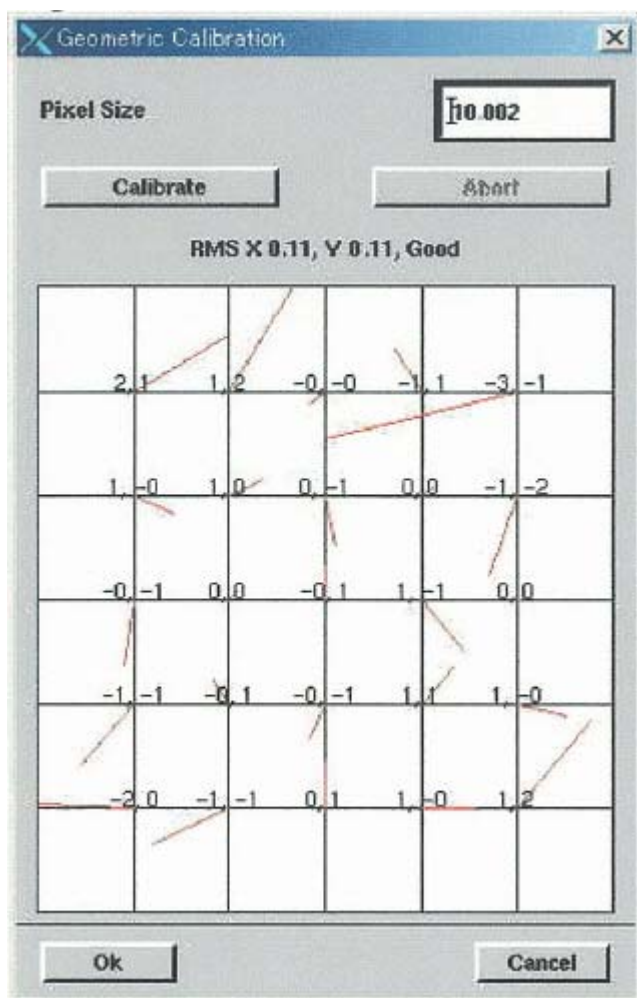
当該機器の傾きと長さの調整後点検の結果、下のおり許容値以内であることを証明します。

検査項目	許容値	検査結果 (μ)	
Geometric Calibratoion 時の座標誤差の RMS	0.2 μ	X 軸	0.11
	0.2 μ	Y 軸	0.11

検査項目	許容値	検査結果 (μ)
ピクセルサイズ	10.0±0.005	10.002
カメラの回転	±0.1° 以内	0.009993

測定結果は Fig. 2 のとおりです。

Fig.2 Geometric Calibration の結果



同時調整 成果表の事例

#外部標定要素

#写真番号 X0 Y0 Z0 ω ϕ κ 単位m、度

PHOTO

6173	-47066.078	-136402.161	602.910	-1.66050	-0.75528	-90.71883
6174	-47069.943	-136056.624	604.264	-0.02673	-0.86337	-89.89677
6175	-47072.940	-135734.283	608.330	-1.12500	-0.66339	-91.01295
6176	-47072.423	-135395.951	614.766	-0.21051	-0.86994	-90.08712
6177	-47072.147	-135059.135	616.056	0.03483	-3.39030	-89.10891
6178	-47078.106	-134723.720	613.511	0.54270	-1.68075	-88.87923
6179	-47085.562	-134374.661	619.220	1.20447	-1.14741	-91.63890
6180	-47085.744	-134049.328	625.155	-0.04653	-0.56907	-92.42676
6181	-47079.760	-133705.798	619.935	-2.22012	-1.01394	-90.21582
6182	-47080.968	-133373.149	614.553	-0.70596	-0.65466	-90.11952
6183	-47080.934	-133039.256	615.272	-1.25352	-0.02718	-92.82006
6192	-47651.856	-133057.584	614.610	0.49707	0.18351	87.73938
				4.25349	0.96138	89.52642

6231	-48834.643	-134723.361	626.742	3.40052		
6232	-48828.415	-135065.882	628.714	3.93255	1.09683	90.72567
6233	-48824.023	-135397.849	625.544	0.31716	-0.13671	88.95375
6234	-48823.494	-135741.424	626.331	1.59903	0.26640	88.99884
6235	-48827.810	-136083.202	622.336	1.40733	-0.12060	88.86456
6236	-48832.203	-136425.006	620.878	1.81260	0.20412	89.55729

#地上座標

#点番号 X Y Z 単位m

POINT

2020	-48279.030	-133827.712	39.644
2069	-46751.897	-133273.469	59.663
2079	-47131.399	-134147.126	29.148
30064	-49156.108	-133104.205	36.336
30109	-48093.418	-134674.889	29.408
30119	-48850.024	-134775.669	28.516
30139	-48004.633	-134921.816	20.796
30142	-48211.936	-135159.045	26.840
30148	-48945.300	-135302.430	20.995
30151	-48666.389	-135637.161	18.727
30161	-48146.362	-135775.799	18.618
30171	-48735.920	-133226.663	33.411
30177	-48851.105	-133510.105	30.763

999005	-47844.462	-133030.284	55.877
999006	-47636.458	-133038.051	44.467
999007	-47303.910	-133009.271	51.817
999008	-47081.170	-133015.376	55.883
999009	-46701.715	-133034.174	59.678
999010	-46758.903	-133423.072	53.755
999011	-47089.207	-133365.949	52.666
999012	-47301.907	-133353.825	44.939
999013	-48501.735	-133357.939	40.964

同時調整 基準点残差表の事例

#基準点残差

点番号 X Y Z Dx Dy Dz 単位m

GCPRES

30171	-48735.952	-133226.601	33.432	0.032	-0.062	-0.021
30312	-47018.598	-133011.365	63.231	0.050	0.022	-0.002
310400	-48858.653	-136360.626	12.764	-0.096	-0.025	0.020
310578	-46807.717	-136106.037	21.544	0.013	0.065	0.003

#バンドル法交会残差

#点番号 写真番号 Dx Dy 単位μm

TIERES3

310622	6173	0.0	-2.7
	6174	0.0	2.7
310615	6173	-0.1	5.2
	6174	0.0	-5.2
310578	6173	0.3	0.0
	6174	4.5	-1.0
310621	6173	0.1	-8.8
	6174	-0.1	8.8
310626	6173	-0.1	5.2
	6174	0.0	-5.3
310623	6173	0.0	2.6
	6174	0.0	-2.7
310574	6173	0.1	-3.3
	6174	0.0	3.3
310625	6173	0.0	-0.3
	6174	0.0	0.3
310627	6173	-2.8	1.4
	6174	-1.0	-2.1
	6202	-3.9	-0.8
310619	6173	2.5	0.1
	6202	2.4	0.2
310629	6173	-15.6	2.0
	6174	5.8	6.7
	6201	-9.7	9.1
310617	6173	5.6	-8.3
	6174	-3.3	5.7
	6201	1.6	-0.8
	6202	0.9	-2.2
310779	6173	-8.5	1.8
	6201	-3.6	2.0
	6202	-4.8	-0.1
310638	6173	-0.4	-2.6
	6174	0.9	-0.4
	6175	-0.5	3.0
310620	6173	0.0	16.0
	6175	0.2	-16.5
310616	6173	10.0	1.6
	6174	2.2	2.6
	6175	2.1	-0.4
	6202	15.8	4.1
310620	6173	1.7	-1.0

同時調整 座標測定簿の事例

#写真番号 焦点距離
#点番号 X Y 単位 μm

6173	153221.0		
	310574	-95853.56	4208.40
	310578	-84109.27	65647.91
	310615	2957.29	50215.51
	310616	-88624.47	-32551.23
	310617	-94213.09	-92850.83
	310618	-73219.99	-88954.79
	310619	78663.53	-87484.25
	310620	-70762.36	89655.68
	310621	-7872.98	81156.97
	310622	-6150.51	86936.37
	310623	-21635.46	62360.66
	310624	-78406.92	39559.01
	310625	-21317.44	42439.93
	310626	-18971.70	-3220.86
	310627	-10989.55	-45124.49
	310628	-98982.82	-87391.82
	310629	-10139.25	-89537.60
	310633	-76748.44	101302.41
	310638	-76611.08	43427.77
	310639	-69738.57	34658.63
	310779	9849.55	-104327.54

-99

6174	153221.0		
	310574	1086.68	6015.20
	310578	12932.52	66171.27
	310615	96621.81	50599.37
	310616	7381.95	-30161.33
	310617	1432.27	-89250.23
	310618	21653.54	-86046.58
	310621	86114.89	81408.33
	310622	88764.50	87177.23
		73684.27	62781.20

	310934	75168.12	12584.84
	310935	72096.12	12584.84
	310936	71664.74	15368.09
	310938	64058.63	92814.09
	310939	99817.10	-70308.84
	310940	10874.03	-67559.91
	310941	11440.17	-26963.45
	310942	-19537.47	14081.88
	310943	15636.04	89835.00

-99

同時調整 計算簿の事例

BINGO 5.2 June 2005

FREE NETWORK BUNDLE ADJUSTMENT FOR ENGINEERING APPLICATIONS

17:11:15 Friday, 21 October 2005

GSI RESEARCH PROJECT
TOYONAKA 1/4000 (20 micron : 5 by 3 : 4GCPs : +Manual)
PASCO CORP.

Names of connected files :

Project file : project.dat
Image coordinates : image.dat
Geo input file : geoin.dat
Itera file : itera.dat
Control residuals : reselli.dat
GPS residuals : gpsresi.dat
Image residuals : imresi.dat
Skip file : skip.dat
Bingo list file : bingo.lis

DATA FROM IMAGE COORDINATE FILE

Selected parameters :

Minimum no. of rays for points : 2
Mean key (to built average) : 10
Listing key for photo data : 0
Key for scaling image coord.s : 2
Smallest valid point number : 1
Highest valid point number : 999999999999999

All images will be processed

Normal number of data sets per photo is 1 (from 44 photos)

8 point(s) ignored. Measured in less than 2 photo(s).

Number of points measured in 2 photos: 144
Number of points measured in 3 photos: 161
Number of points measured in 4 photos: 40
Number of points measured in 5 photos: 24
Number of points measured in 6 photos: 6

Summary of photo data:

No. of used points : 375
No. of used photos : 44
No. of used cameras : 1
Max. points per photo : 6

:CHCK 310254	-47277.265	-134659.569	
:CHCK 30161	-48146.316	-135775.768	18.615
:CHCK 2020	-48279.001	-133827.643	39.698
:CHCK 2069	-46752.022	-133273.472	59.710
:CHCK 2079	-47131.482	-134147.147	29.252
:CHCK 30064	-49156.174	-133104.181	36.319
:CHCK 30109	-48093.408	-134674.823	29.404
:CHCK 30119	-48849.959	-134775.648	28.587
:CHCK 30139	-48004.611	-134921.816	20.845
:CHCK 30142	-48211.904	-135159.018	26.935
:CHCK 30148	-48945.244	-135302.427	20.973
:CHCK 30151	-48666.284	-135637.145	18.816
:CHCK 30175	-48766.489	-133516.126	30.813
:CHCK 30181	-48461.219	-133824.896	38.275
:CHCK 30192	-47854.445	-133026.638	40.133
:CHCK 30196	-47818.798	-133384.995	38.874
:CHCK 30242	-48686.901	-133837.826	36.188
:CHCK 30305	-47627.875	-133329.208	35.921
:CHCK 30368	-47530.360	-133974.955	29.657
:CHCK 30422	-47747.082	-134920.344	21.948

以上