

基盤地図情報（標高・オルソ）作成について Operation to Make Orthophoto Images and Elevation Data

測図部 田崎昭男・田村栄一・笹嶋英季・桶屋敏行

Topographic Department

Akio TASAKI, Eiichi TAMURA, Hideki SASAJIMA, and Toshiyuki OKEYA

要 旨

測図部では、「地理空間情報活用推進基本法」（以下、「基本法」という。）第2条第3項に規定されている基盤地図情報の1項目である標高データの整備に加え、基盤地図情報整備や情報補完に活用できるオルソ画像の整備が認められ、基盤地図情報として5箇年で51,000k m²（線引き都市計画区域）を整備することとしている。

本稿では、平成19年度より開始した基盤地図情報（標高・オルソ）整備のため、カラー空中写真撮影（GPS/IMU装置付のフィルム航空カメラ又はデジタル航空カメラ）数値写真から標高データ及びオルソ画像の整備について概要を紹介する。

1. はじめに

国土地理院では、近年の高度情報通信ネットワーク社会の進化に対応するため、「基本法」及び「測量法」に基づき、地理空間情報社会における基盤となるデジタルの地図である「基盤地図情報」の整備を進めている。

「基本法」第3条では、「基盤地図情報 統計情報、測量に係る画像情報等の地理空間情報が国民生活の向上及び国民経済の健全な発展を図るための不可欠な基盤である」と示されている。また、第2条第3項では、「この基盤地図情報は、地理空間情報の位置を定めるための基準となる測量の基準点、海岸線、公共施設の境界線、行政区画その他の国土交通省令で定めたものの位置情報」と規定されている。

当部においては、平成19年度より、この「基盤地図情報」の1項目である標高データを数値写真から自動標高抽出技術等により取得し、作成することとなった。また、取得した標高データを利用して「測量に係る画像情報等」であるオルソ画像を作成することとなった。

2. 作業要領

平成19年度からの基盤地図情報（標高・オルソ）作成業務の実施に向けて、当部において、平成18年度に以下の作業要領を策定した。

- ・GPS/IMU撮影作業要領
- ・デジタル空中写真撮影作業要領
- ・デジタルオルソ作成作業要領

2.1 GPS/IMU撮影作業要領

GPS/IMU撮影は、空中写真撮影時にGPSで航空機の位置を、IMU（慣性計測装置）で航空機の姿勢・傾きを同時に観測し、撮影された空中写真ごとに撮影主点の3次元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。

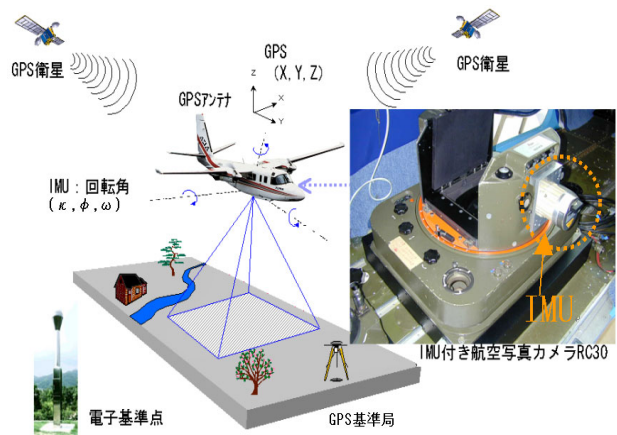


図 - 1 GPS/IMU撮影の概要

本作業要領は、フィルム航空カメラにGPS/IMUを装備して撮影を実施するにあたり、その基準及び実施に必要な事項を定め、空中写真の精度の確保と作業の円滑な遂行を図ることを目的とし、これまで国土地理院において実施された検証結果を踏まえて策定した。

撮影計画では、従来の撮影計画に加え、撮影区域内に干渉測位によるキネマティックGPS解析に必要なGPS基準局を設置すること。また、1コースの撮影時間をIMUの蓄積誤差を考慮して概ね15分以内とすることを定めた。

撮影飛行については、GPSの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こと。また、撮影コース間移動の際は、GPS衛星の受信状況が変化することで起きるサイクルスリップが発生しないよう急旋回を避け、旋回角度（バンク）は20度以内を標準とすることを定めている。

2.2 デジタル空中写真撮影作業要領

航空カメラは、従来のフィルムを用いたアナログ方式から直接デジタル画像を取得するデジタル方式へと近年急速に高度化しつつある。デジタル航空カメラを用いることにより、フィルムの現像処理等が不要となり、空中写真測量の効率化、災害時に取得する被災地の画像情報を迅速に提供することが可能となった。

デジタル航空カメラは、現在、インターグラフ社の DMQ (フレームセンサ)、ペクセル社の UCD 及び UCX (フレームセンサ)、ライカ・ジオシステム社の ADS40 (ラインセンサ) の 3 種類が開発され、既に国内に導入され、公共測量等に使用されている。また、国土地理院においても、平成 18 年度にデジタル航空カメラ (UCD) を導入し、外注撮影においても平成 19 年度からデジタル航空カメラの使用を開始した。

本作業要領では、デジタル航空カメラを使用して空中写真撮影を実施するにあたり、その基準及び実施に必要な事項を定め、数値写真の精度の確保と作業の円滑な遂行を図ることを目的とし、これまで国土地理院において実施された検証結果を踏まえて策定した。

数値写真の地上解像度は、表 - 1 を標準と定めている。なお、数値写真レベルとは、フィルム航空カメラでの撮影縮尺と、デジタル航空カメラによる撮影解像度を一元的に表すために設定したもので、写真縮尺 1/10,000 の空中写真を 20 μ で数値化した場合は、数値写真 10000 レベルとした。

表 - 1 数値写真と地上解像度

数値写真レベル	地上解像度
10000	20cm
20000	40cm

デジタル航空カメラは、フレームセンサを使用することとし、撮影した画像は、画像処理により、パングロマチック画像、カラー画像を作成し、この画像から、パンシャープン画像を各色 8 ビット以上の非圧縮 TIFF 形式で生成し、数値写真を作成することを定めている。

また、撮影計画及び撮影飛行については、「GPS/IMU 撮影作業要領」と同様である。

2.3 デジタルオルソ作成作業要領

デジタルオルソとは、数値写真から標高データを取得して作成された数値地形モデルを用いて、中心投影である空中写真を地図と同じ正射投影に変換した画像である。

近年、地方公共団体等による大縮尺撮影空中写真

からのオルソ作成の需要が多く、公共測量では、標準的な作業方法と測量成果の品質基準を明示した「デジタルオルソ作成の公共測量作業マニュアル」が作成されている。

本作業要領では、基本測量としてのデジタルオルソ作成を実施するにあたり、その基準及び実施に必要な事項を定め、数値写真の精度の確保と作業の円滑な遂行を図ることを目的とし、これまで国土地理院において実施された検証結果を踏まえて策定した。

使用する数値写真及び数値地形モデルの精度は、表 - 2 を標準と定めている。

表 - 2 数値地形モデルの精度

数値写真レベル	数値地形モデル	
	垂直精度	グリッド間隔
10000	0.7m	0.2 秒 (約 5m)
20000	1.4m	0.4 秒 (約 10m)

数値地形モデルは、地表面の標高である数値地形モデル DTM (Digital Terrain Model) で取得することを標準とし、自動標高抽出技術、等高線法、ブレイクライン法、標高点計測法又はこれらの併用法を用いて標高を取得することを定めている。なお、自動標高抽出技術については、いくつかのソフトウェアの検証を行い、精度を満たす標高を 90% 以上の割合で自動的に抽出することができる結果を得ている。

使用する数値写真及びデジタルオルソの精度は、表 - 3 を標準と定めている。

表 - 3 デジタルオルソの精度

数値写真レベル	デジタルオルソ	
	水平位置精度	地上分解能
10000	1.0m	0.008 秒 (約 0.2m)
20000	2.0m	0.016 秒 (約 0.4m)

正射投影画像は、数値化した空中写真の各画素を外部標定要素と数値地形モデルを用いて正射変換したものである。道路等の直線部に歪みや大きな画像の乱れ (画像の不自然さ) が生じた箇所においては、数値地形モデルの間隔を適宜調整し、直線部の歪みや乱れを補正して作成することを定めている。

また、モザイク画像については、隣接する正射投影画像の接合部で線状対象物において不具合のないように努め、その他の対象物においても水平位置の制限を満たすとともに、色調差が生じないように可能な限り一致させ結合を行うことを定めている。

3. 作業工程

本作業は、大きく区分して「空中写真撮影」、「数値地形モデル作成」、「デジタルオルソ作成」に分けられる（作業工程を図-2に示す）。

以下に本作業の各工程の概要を紹介するが得られる成果の解像度・精度は、数値写真レベル 10000 の場合について記述している。なお、数値写真レベル 20000 の場合は、解像度・精度の数値が 2 倍となる。

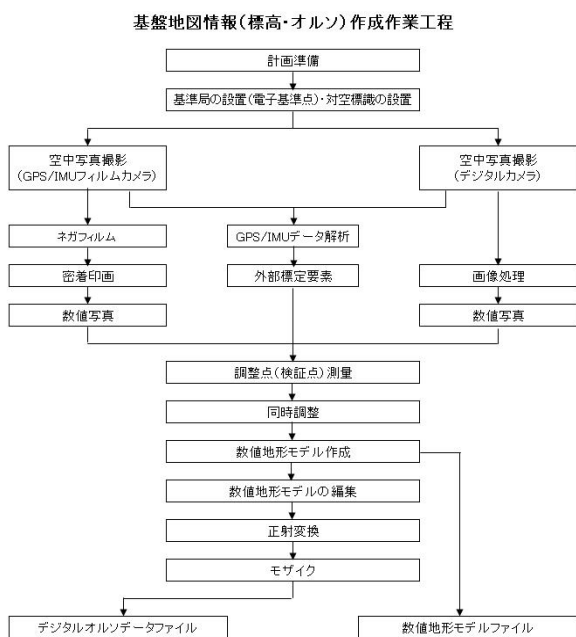


図 - 2 作業工程

3.1 空中写真撮影

本作業の撮影は、GPS/IMU 装置付のフィルム航空カメラ又はデジタル航空カメラによるカラー空中写真撮影を実施している。

撮影のコース設計については、後続作業の数値地形モデル作成及びデジタルオルソ作成を考慮した設計とし、撮影に際しては、低高度の撮影の方が有利であれば大縮尺撮影も可能とした。また、同一コース内の隣接空中写真間の重複度は概ね 55～85%とし、コース間の重複度についても概ね 10～60%を可能として実施している。

フィルム航空カメラを使用する場合は、写真縮尺 1/10,000 カラー空中写真撮影とし、撮影終了後は、数値写真の作成を実施する。空中写真の数値化は、空中写真測量用スキャナを使用し、空中写真ネガフィルムから写し込まれた指標、記録板、写真カウンタ番号及びカメラ情報が入る範囲を解像度 21 μm 以内、フルカラー24bit 以上の非圧縮 TIFF 形式として作成している。

デジタル航空カメラを使用する場合は、画像処理を行い、数値写真レベル 10000、地上解像度 20cm の

数値写真（パンシャープン画像）を作成している。撮影時には、水面以外にも自動車、建物等によるハレーションの影響がフィルムカメラより多く出る傾向がある。後続作業のオルソ作成時には影響がない程度であるが、ハレーションの影響の少ない画像を使用することで対応している。

3.2 数値地形モデル作成

本作業で作成する数値地形モデルは、経度・緯度の間隔が 0.2 秒のグリッドデータであり、垂直精度は、0.7m以内としている（数値地形モデル段彩表示例を図-3に示す）。これは、空中写真縮尺 1/10,000 の撮影から作成する 1/2,500 地形図の場合には、等高線間隔が 2 m であるため標高点精度が 1/3 の 0.67 m、等高線精度が 1/2 の 1.0m である。このため、今回作成する数値地形モデルは、地域全体で 1/2,500 地形図標高点と同レベルのデータ精度で作成された。

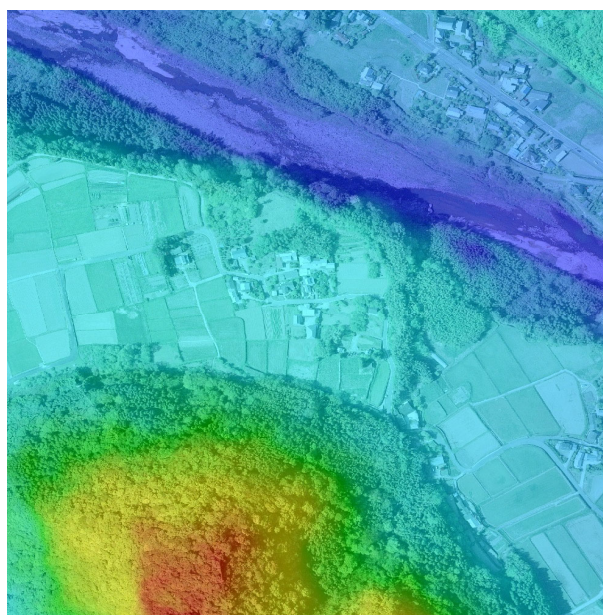


図 - 3 数値地形モデル（大分地区：段彩表示）

数値地形モデル作成は、上記 3.1 で作成した数値写真及び GPS/IMU データ解析により得られた外部標定要素を用い、自動標高抽出技術等により標高を取得する。なお、GPS/IMU データ解析により得られた外部標定要素は、現地測量で取得した調整点及び数値写真間を連結したパスポイント・タイポイントを用いてブロック調整により同時調整して得られたより高精度な外部標定要素、パスポイント・タイポイント座標を使用する。

数値地形モデルは、地表面を取得するが、本作業では、自動標高抽出技術を用いて行うことから、建物等の高さ（表層面）が得られる。このため、建物

を除去した標高にするためのフィルタリング等の作業を行う。また、都市域などは中層・高層建物等による高低差や隠蔽部が多いため、エラーが発生しやすく、目視による確認やブレイクライン法等によるデータ作成を行っている。森林域については、地表面の標高取得が困難な領域では表層面として作成することを可能としている。このことから、標高取得基準が異なるため「地表面、表層面、海水面、内水面」の属性を付与している。

3.3 デジタルオルソ作成

本作業のデジタルオルソは、上記3.2で作成した数値地形モデルを使用して、経度・緯度の幅が0.008秒で作成したピクセルデータで、概ね20cmに相当するため20cm解像度と表現することとしている。また、水平位置精度は、1mであり1/2,500地形図の要求精度1.75mより高精度である(図-4)。



図-4 デジタルオルソ(大分地区)

デジタルオルソ作成は、数値地形モデルを用いて正射投影画像を作成する。その際に、高架部、構造物等に大きな歪みが生じた箇所は、数値地形モデルの調整を行い、補正して作成している。また、モザイク画像を作成する際には、不適切なモザイクラインは、目視により修正を行うとともに、構造物が密集する箇所、高層建物の近くはこれを切断しないよう注意し、画像の中央部を使用して作成している。同時に、隣接する画像の色調についても調整を行っている。

デジタルオルソの水平位置精度は、建物下部、樹木下部等の地表面を対象としており、建物上部、樹木上部等については、水平位置精度を満たすことを要件としないが、精度を高めるように努め、建物の

倒れ込みは、道路等その他の地物を覆い隠さない程度としている。

4. 整備区域

我が国の国土のうち、中心市街地と一体の都市として総合的な開発等を行う区域を都市計画区域として指定している。都市計画区域は、全国38万 k m^2 のうち10万 k m^2 の面積を占め、都市計画区域は、線引き区域と非線引き区域とに分けられる。このうちの線引き区域は、都市計画区域の約半分の51,600 k m^2 となり、全国の14%の面積を占めている。

当部では、基盤地図情報の整備計画に基づき、線引き都市計画区域について、平成19年度から平成23年度までの5箇年で整備する。

平成19年度の本作業実施区域は、「岩見沢地区」他19地区の16,982 k m^2 を実施している。なお、図-5に平成19年度の作業実施区域図を示す。

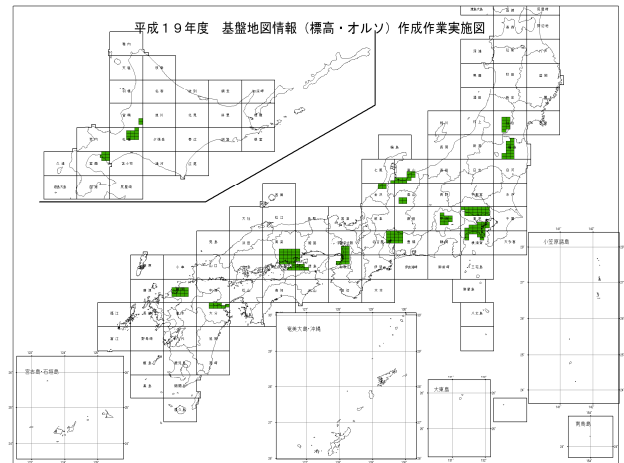


図-5 平成19年度作業実施区域図

5. まとめ

基盤地図情報の成果提供については、「基本法」第18条第2項で、「国は、その保有する基盤地図情報等を原則としてインターネットを利用して無償で提供するものとする」と規定されている。

本作業で作成する数値地形モデルは、基盤地図情報の1項目であるため、インターネットによる提供を行うこととなるが、デジタルオルソについては、データ量が非常に大きく、そのままインターネットで提供することは困難なことから、CDやDVDなどの電子媒体での提供を検討している。

なお、撮影した空中写真の提供も引き続き行う。ただし、フィルム航空カメラによる地区とデジタル航空カメラによる地区が混在する。

本作業で整備する数値地形モデル及びデジタルオルソを使用して基盤地図情報整備を地方公共団体が実施可能となる環境を整え、基盤地図情報作成のた

めに有効に活用されることを期待する。

参 考 文 献

- 国土地理院測図部（2007）：デジタルオルソ作成に関する調査検討作業報告書。
- 国土地理院測図部（2007）：GPS/IMU 撮影作業要領。
- 国土地理院測図部（2007）：デジタル空中写真撮影作業要領。
- 国土地理院測図部（2007）：デジタルオルソ作成作業要領。
- 田村栄一（2007）：国土地理院の画像情報整備事業，地図中心，422号，17-19。