電子国土基本図（オルソ画像）について
Digital Japan Basic Map (Ortho Image)

測図部　山後公二[1]
Topographic Department　Koji SANGO

要　旨

国土地理院では，国土の適切な管理，保全，利用のため，空中写真の周期撮影を実施している．空中写真撮影のデジタル化により，オルソ画像（地図と重ね合わせ可能な画像）の作成が容易に行われるようになった．オルソ画像は，座標を持った画像であることから，地理情報システムの背景や解析のための情報として幅広く利用されることが期待される．そのため，国土を表す際の基準となるオルソ画像を「電子国土基本図(オルソ画像)」として整備を行う．また，オルソ画像は，基盤地図情報の作成に有効に活用されるとともに，地理空間情報の活用推進に寄与することが期待される．

１．はじめに

平成 19 年に地理空間情報活用推進基本法が制定され，測量の基準点，海岸線，公共施設の境界線，行政区画など，国土の基盤となる地理空間情報を基盤地図情報と定義している．この基盤地図情報は，国内の地理空間情報の共通基盤となり，データ共有による効率化，データが存在しない地域においては新たにデータを利用できるといった利便性の向上などが期待される．平成 19 年８月 29 日国土交通省令第78号では,基盤地図情報の13項目の１つとして，標高を測量し，又は算定した地点（基準点を除く）としての「標高点」を定めている．

また,平成 20 年に閣議決定された地理空間情報活用推進基本計画では，基盤地図情報をはじめとした地理空間情報の整備・更新・提供を推進することとしている．この計画の中で，空中写真撮影については,国は,島嶼を含む国土の周期的な撮影を行ない，オルソ画像の整備を推進することとされている．

空中写真は，国土の管理に不可欠な情報であり，災害時の被災地域の特定，公共施設の管理，環境保全等広範な分野に活用できる．近年，空中写真撮影の分野でも急速にデジタル化が進展し，インターネットでも空中写真画像が閲覧できるようになるなど，これまで専門家による特定分野での利用が中心であった空中写真が，様々な分野の広範な利用者層による利用が拡大している．

デジタル空中写真の撮影により，空中写真そのものに加え，詳細な標高データや地図と直接重ね合わせることのできるデジタルのオルソ画像の作成が容易に行われるようになった．オルソ画像は，我が国の地形図等とともに，広域にわたる国土の管理及び国土情報の記録にきわめて有用である．

このような背景のもと，本稿では，国土地理院の空中写真撮影といった背景に加えて「電子国土基本図（オルソ画像)」の整備の概要について紹介する．

２．空中写真撮影について

２．１　空中写真撮影作業のデジタル化

測量用空中写真の撮影においては，以前から測量用のフィルム（アナログ）航空カメラを用いて撮影を行ってきており，デジタル化が遅れてきた．しかし，近年，撮影分野において，GPS/IMU，デジタル航空カメラ等の実用化の目処が立ってきた．現在，国土地理院が所有している「くにかぜⅡ」には，Vexcel 社のデジタル航空カメラ UltraCamD,Applanix 社(カナダ)製の GPS/IMU システム POSAV と TrackAir 社(オランダ）製のナビゲーションシステム X-Track を一体型のボックスに組み込んだ POSTrack システムを撮影用の航空機に搭載して,平成 19 年度より直営の撮影作業に使用している．

デジタル航空カメラは，フィルム航空カメラと比較して，フィルムの運搬や現像などの作業が不要なので，撮影後すみやかに画像情報が入手できる．また，オルソ画像作成や画像を様々に加工する際に，フィルム航空カメラで撮影した場合には空中写真の数値化が必要となるが，デジタル航空カメラの場合には，その工程が省略でき，スキャニングによる画像情報の劣化が無いなどの利点がある．

２．２　周期的な撮影

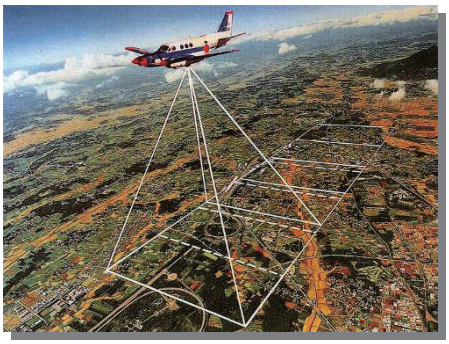
国土地理院では，国土の適切な管理，保全，利用のため，特に重要な平野部及び離島を対象に５年周期で空中写真を撮影し,提供している.空中写真は,終戦直後に米軍が撮影したものから，現在に至るまで保管されており，インターネットでも見ることができる（写真－１）．

直営作業については,昭和 35 年より「くにかぜ」，昭和 58 年からは「くにかぜⅡ」を防衛省（当時の防衛庁）へ機体を所管換えし，空中写真撮影（災害時の緊急空中写真撮影を含む）を行ってきている（図－１）．運航は，海上自衛隊が担当し，徳島教育航空群第 202 教育航空隊に配備され，各地の撮影作業を

現所属：[1] 国土交通省大臣官房

実施している．

写真－１　名古屋城周辺の空中写真．1950 年米軍撮影（左）と 2007 年国土地理院撮影（右）



図－１　くにかぜⅡによる撮影イメージ

２．３　離島の撮影

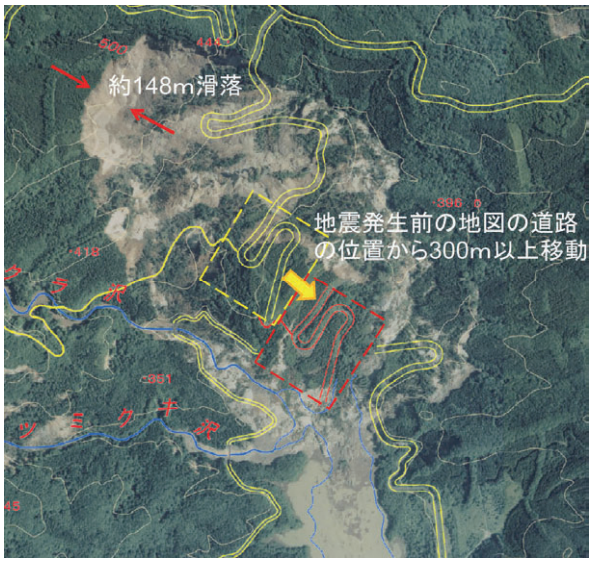
平成 20 年に閣議決定した「海洋基本計画」では，離島の保全・管理に関する方針の策定のため，「離島に関する位置情報等の基本的情報の整備を行うとともに，経済活動，生態系，周辺海域の資源，気象・海象等それぞれの属性に応じて，国土の侵食を防止するための海岸保全施設の整備，空中写真の周期的な撮影等の離島の保全・管理を推進する」としている．

離島の撮影は，地理的要件に加えて，気象条件が非常に厳しく周期撮影を確保することが困難である．しかし，撮影された空中写真は，詳細な地形等の地理空間情報を保有しており，過去の空中写真と比較することにより，離島の現況，変化の把握など保全や管理の観点で有効な資料となる．

２．４　緊急空中写真撮影

近年は地震や豪雨などの自然災害が頻発しているが，災害状況の把握，復興支援のための資料・情報提供のため，発災後すみやかな空中写真撮影（緊急空中写真撮影）を実施している．

平成 20 年６月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震では，６月 15 日～18 日にかけて，空中写真撮影を実施し，空中写真，正射写真図等の資料を関係機関へ提供したほか，オルソ画像作成による地滑り移動量，崩壊土砂量の計測，空中写真判読による被災箇所等の調査を行い，それらの情報を提供した（図－２）．



図－２　岩手・宮城内陸地震における解析例（「荒砥沢ダム上流地域」の崩落地の移動）

現在の「くにかぜⅡ」は，平成 21 年度末に運航制限時間（9,000 時間）に達し，退役する予定である．しかし，安全で安心できる社会の実現は，国の重要な課題であり，災害直後における国土の変化の迅速な情報提供等の使命は，今後も引き続き果たしていく必要がある．そのため，平成 21 年度末にこれまでの測量用の撮影に加えて，災害対応を目的とした後継機「くにかぜⅢ」の導入に向けて手続きを進めている．「くにかぜⅢ」では，ビデオ撮影によるライブ映像の配信も試みる予定であり，より迅速な災害対応の実施に貢献したいと考えている．

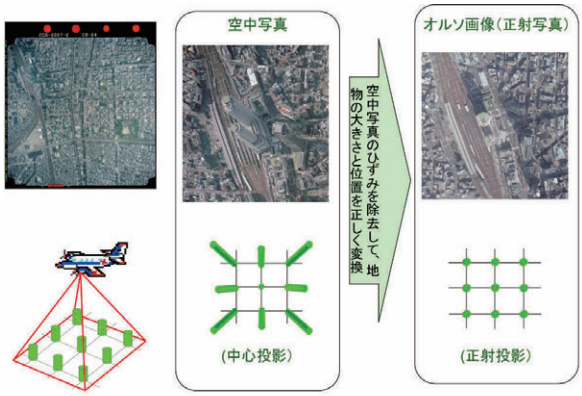
３．電子国土基本図（オルソ画像）の整備

３．１　空中写真とオルソ画像の違い

オルソ画像とは，空中写真に写り込んでいる地物の大きさや位置を正しいものに修正した画像のことであり，オルソフォト，正射投影画像，正射写真等の様々な種類の呼び方で呼ばれている．

連続して撮影した空中写真は，簡単につながりそうなイメージがあるが，視点の違いがあるため，そのままではつなげることができない．カメラで撮影された写真はレンズ中心に光束が集まる中心投影なので，レンズ中心から対象物までの長さの違いにより，像にゆがみが生じる．また，近くのものは大きく，遠くのものは小さく見える．空中写真では，標高が高い地域は航空機に近いため大きく写り，標高が低い地域は小さく写る．例えば，山間部など撮影

基準面より高いところにある建物や道路では位置にズレが生じ，また，高層ビルなどの高い建物の像は，写真中心から外側へ傾いているようになる（図－３）．



図－３　空中写真とオルソ画像の違い

このように視点によって違う見え方になっている状態を，複数の写真から計算した標高データを用いて，像のゆがみを無くし，真上から見たような傾きの無い画像にするとともに，位置のズレを修正して，正しい位置に正しい大きさで変換することをオルソ化という．標高データは，通常は，となりあう２枚の写真をステレオ視（立体視，３Ｄ）しながら計測して取得するが，既存の標高データ等を利用して変換することも可能である．

オルソ画像は，建物や道路などの画像の形状にゆがみが無く，また位置も正しく配置されているので，画像上で経緯度や面積，延長などを正確に計測することが可能である．また，オルソ画像は，地図とぴったり重ねることができ，画像上から地図の修正のための地物を取得することができる．

オルソ画像は，空中写真と比較して，位置が正しく投影されているなど，情報量が多い．このため，災害状況の調査においては，前述の図－２の岩手・宮城内陸地震における荒砥沢ダム上流地域の崩落地の移動の例のように被災箇所が正確に把握でき，土砂崩壊量の計測や地図データとの重ね合わせなど，様々な解析が可能になり，非常に有効な資料となる．このように，オルソ画像は，最新の正確な国土の状況を表す情報として幅広く利用されることから，国土を表す際の基準となる地理空間情報，「電子国土基本図（オルソ画像）」として整備を行う．

３．２　電子国基本図（オルソ画像）の整備

これまで国土地理院は，平野部を中心に国土の約半分の地域について周期的な空中写真撮影を行ってきたが，このようなオルソ画像の利用拡大やその作成技術の普及を踏まえ，周期撮影対象地域について「電子国土基本図（オルソ画像）」（以下，「オルソ画像」という．）として整備する．

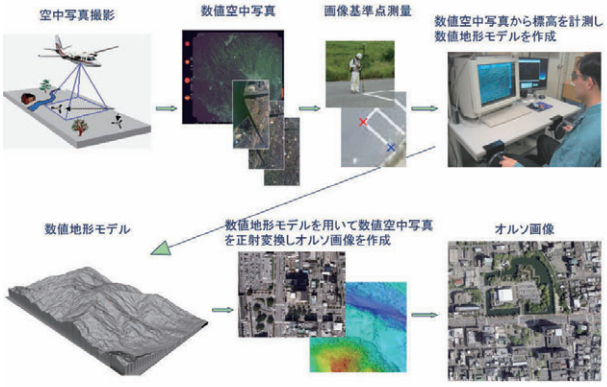
国土地理院では，平成 19 年度から平成 23 年度までの５箇年で都市計画区域の線引き区域を対象として，撮影縮尺１万分１の空中写真撮影を行い，基盤地図情報となる標高データを作成するとともに，その標高データを利用したオルソ画像の整備を行っている．

この都市計画区域とは，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こととして指定した区域であり，全国約 38 万 km^2 のうち，約 10 万 km^2 の面積を占める．さらに都市計画区域は，線引き区域と非線引き区域とに分けられる．線引き区域とは，計画的な市街地を形成するために用途地域を定めた市街化区域，用途地域を定めずに開発を抑制する市街化調整区域の２種類に線を引いて分けた地区を合わせた区域を指している．この２種類に線を引くことを線引きと呼ぶことから，線引き区域と通称されており，都市計画区域の約半分の約 5.1 万 km^2 となり，全国の約 13％の面積を占める．

平成 21 年度からは，前述の基盤地図情報整備に加えて，国土や地域の管理上重要な平野部及び離島を対象として，撮影縮尺２万分１のデジタルの空中写真を撮影し，それを利用した標高データ及びオルソ画像の整備に着手する．本整備は，対象地域を平成 25 年度までに整備することを目標とし，整備を行った地域について周期的に更新を行う．また，将来的には，特に重要な変化が生じた地域を１年以内にオルソ画像の更新の実現を目指して，その手法等の検討を行う．

３．３　標高データとオルソ画像の作成工程

具体的な標高データとオルソ画像の作成工程を図－４に示す．



図－４　標高データ・オルソ画像の作成工程

まず，GPS/IMU と接続した航空カメラを用いて撮影を行う．もし，フィルム航空カメラを使用した場合はスキャニングにより空中写真の数値化を行う．

撮影縮尺１万分１の場合は,地上画素寸法 20cm 相当,撮影縮尺２万分１の場合は,地上画素寸法 40cm 相当となる.

画像に正確な位置・高さを付与するための位置の基準として後続作業の同時調整に使用する点(以下,「調整点」という.)や得られた成果を検証するために使用する点（以下,「検証点」という.）として,写真上の明瞭な地点等を現地で測量し，位置情報を取得する．これらの点は，オルソ画像の需要拡大が今後想定されることを踏まえ，空中写真からオルソ画像を迅速かつ高精度に作成するために有用な点である．したがって，これら調整点や検証点を公共測量等におけるオルソ画像作成の効率化に資するため,「画像基準点」として整備するとともに，オルソ画像の整備・更新と連動した画像基準点の取得や，その提供に向けた課題の検討を行う.

空中三角測量を行う場合，パスポイント（隣接画像の接続点）やタイポイント（コース間画像の接続点）を写真から取得し，写真を接続していく． ここでは，GPS/IMU を用いることにより，全ての撮影画像の外部標定要素（カメラ位置・回転角）が計算によりわかるため，地上標定点が無い画像でも写真の接続を精度良く求めることが可能になる．さらに，地上で計測した画像基準点を調整点として，同時調整計算を行い，より高精度な外部標定要素を得る作業を行う.

また，撮影した空中写真を元に，ステレオマッチングや図化により標高を計測したものから数値地形モデル（DTM：Digital Terrain Model）を作成し，オルソ画像への変換を行う.

ステレオマッチングとは，ステレオペアの画像に写った情報を比較して２つの画像から同じ地物を抽出し，画像上の位置から地物の標高を自動的に計算する作業のことをいい，図化作業を自動的に行うということである．ただし，グラウンドや農地のように同じ模様が続く地域などではマッチングに失敗する場合があるため，完全自動処理にはならず，手作業による編集処理も行う必要がある.

また，数値地形モデルは地表面の高さであるのに対し，ステレオマッチングでは建物等の屋上高が得られるため，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必要がある．また，市街地における高架道路や段差の大きい人工斜面など高さが急変する部分では，その高さの急変を認識できず，エラーが生じることが多い．このため，あらかじめ高さが急変する箇所を目視により指示し，指示した箇所の標高を取得するブレークライン法と呼ばれる方法を用い，精度を保つことが重要となる.

撮影縮尺１万分１で撮影した空中写真から作成したオルソ画像の水平位置精度は，１ｍとなっている．これは，基本測量や公共測量において，オルソ画像を背景にして地物の平面位置を縮尺レベル 2500 で取得することも可能であり，基盤地図情報の更新作業に利用可能となる.

３．４　提供・刊行

本整備で作成する数値地形モデルは，実際には経度・緯度の間隔が 0.2 秒のグリッドデータである．正確には，北海道と沖縄ではグリッドの大きさが異なっているが，0.2 秒間隔は概ね５ｍに相当する．そのため，国土地理院の基盤地図情報の HP 上では「基盤地図情報（数値標高モデル）５ｍメッシュ（標高)」という名称でダウンロードサービスを行っている.

また，オルソ画像については，平成 20 年 10 月から出力印画と画像データの２種類で刊行をしている．出力印画とは，縮尺２万５千分１で印画紙に出力した正射出力印画のことであり，画像データとはパソコンに取り込んで利用できる正射画像データである．現在は,岩見沢地区ほか 20 地区について提供しているが，今後順次提供を拡大する予定である.

４．おわりに

オルソ画像は，空中写真のように地物がそのまま見ることができることから，読図に不慣れな一般利用者に対して，地表の情報を直接認識することが可能である．さらに，標高データと組み合わせることにより，等高線による地形の把握に比べ，地形の状況を視覚的に知ることができるようになる.

また，行政的な面からも，オルソ画像が基盤地図情報作成に有効に活用されるとともに，将来的には国の機関や地方公共団体等との連携を図った国土全体の地理空間情報の活用推進に寄与することが期待される.

参 考 文 献

国土地理院技術協議会　地理空間情報体系分科会（2008）：地理空間情報体系分科会報告書　デジタル時代の地理空間情報体系の構築－地形図から地理空間情報へ－.