

測量用航空機「くにかぜⅢ」の概要と役割

キーワード：オルソ画像
デジタル航空カメラ
測量用航空機「くにかぜⅢ」
災害対応

画像調査課長

林 孝

測量用航空機「くにかぜⅢ」の概要と役割

1. はじめに

国土地理院は昭和35年の「くにかぜ」就航以来、50年間に渡り空中写真撮影事業を実施してきた。この度、平成21年度末をもって「くにかぜⅡ」が退役となったことを受け、平成22年度より測量用航空機「くにかぜⅢ」が就航する。本発表においては、画像情報整備に係る事業の概要とこれまでの航空機による測量事業の実績を報告すると共に、今般就航する「くにかぜⅢ」についてその概要と役割を紹介する。

2. 画像情報整備の概要

これまで、国土地理院では外注及び直営により空中写真撮影などを実施して、画像情報の整備に取り組んできた。空中写真撮影の当初の目的は、2万5千分1地形図の全国整備など、地形図の整備及び修正が主であったが、その後、災害が発生した際の状況把握手段としても認知され活用されてきたところであり、阪神淡路大震災や最近では岩手・宮城内陸地震など数多くの災害に対応してきたところである。

また、地理空間情報を取りまく施策の変化も空中写真撮影のあり方に大きく影響してきた。具体的には、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、

行政区画などの国土の基盤となる地理空間情報が基盤地図情報として定義されたことを受け、空中写真撮影は、基盤地図情報に含まれる「標高点」データを整備する手段としても活用されている。

さらに、インターネット等の普及により地理空間情報のデジタル化はもとより進んでいたが、空中写真撮影にもデジタル化の波は押し寄せ、従来のフィルム航空カメラによる撮影からデジタル航空カメラによる撮影に移行しつつある。

空中写真画像のデジタル化により、標高データの作成プロセスから、正射写真（オルソ写真）の作成も従前とは比べ物にならないほど容易になった。

「オルソ画像」(図-1)とは、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画像のことであり、画像上で経緯度や面積、距離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、地図とぴったり重なることから、オルソ画像を重ね合わせて地図を修正することができる。

オルソ画像は、空中写真と比較して、標高に影響されずに位置が正しく投影されているなど、利便性が高い。このため、災害状況の調査においては、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など、被災箇所が正確に把握でき、土砂

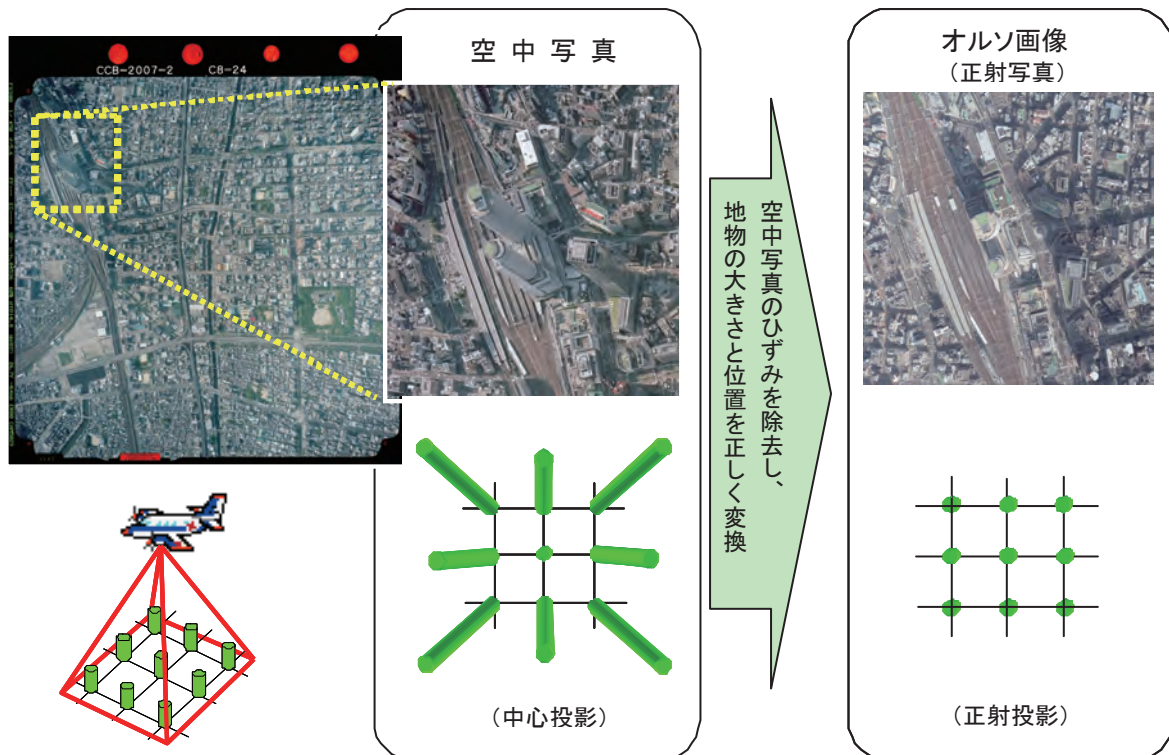


図-1 オルソ画像のイメージ

崩壊量の計測や地図データとの重ね合わせなどによる様々な解析が可能になり、非常に有効な資料となる(図-2)。

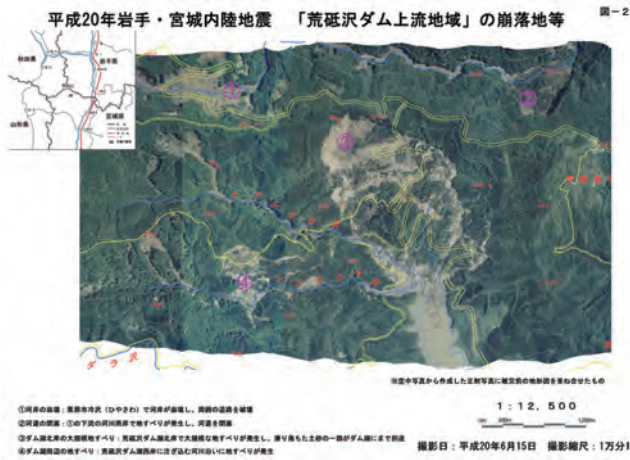


図-2 「荒砥沢ダム上流地域」の写真図

基盤地図情報施策によるデータ整備は現状のところ都市計画区域の線引き区域(約5.1万km²)を対象に進めているところであり、この範囲については2500レベルの地図情報を整備することとなっているため、空中写真は10,000分の1の縮尺で撮影し、5mメッシュのDEM及び20cm分解能のオルソ画像の作成を行っている。

また、都市計画区域の周りの中山間地や離島などについては、20,000分の1の縮尺で撮影し、5mメッシュのDEM及び40cm分解能のオルソ画像の作成を進めている。この縮尺の写真は5000レベルの地図情報と対応している。

これら画像情報整備は主に航測会社等への外注により行っているが、道路・鉄道の開通等に対応した地形図修正のための撮影や、災害対応など緊急性を要するような画像情報整備、離島など撮影範囲が狭く外注に向かないものについては、「くにかぜ」及び「くにかぜII」により撮影を行ってきたところである。

また、空中写真撮影による画像情報の整備のほか、国土地理院では、昭和36年から平成14年まで全国を対象とする航空磁気測量を実施しており、昭和37年から昭和57年までは「くにかぜ」で、昭和58年から平成14年までは「くにかぜII」による測量を実施してきた。

空中写真撮影を取り巻く技術的環境もここ数年激変してきており、「くにかぜII」による撮影事業もデジタルカメラの導入などその近代化に対応してきたところであるが、搭載機器の大型化や多様化に伴い機体が狭隘となったことなどから、平成21年度末の「くにかぜII」の退役に合わせて機体を変更するこ

ととした。

具体的には、これまでの「くにかぜ」「くにかぜII」の運航は海上自衛隊によるものであったが、平成22年度からは機体をこれまでのビーチクラフトからセスナに変え、運航も民間委託に移行した。

本発表では、これまでの「くにかぜ」「くにかぜII」の概要や成果を振り返りつつ、今般就航した測量用航空機「くにかぜIII」についてその概要を紹介する。

3. 従来機「くにかぜ」「くにかぜII」の概要と実績

3.1 「くにかぜ」導入の経緯

戦後の混乱期に撮影された空中写真は、昭和21年から昭和23年にかけて米軍が撮影したものが唯一の空中写真であり、この写真が各方面で利用されていた。

その後、昭和27年に日本の空が解放され、昭和30年代に入り国土基本図事業や森林計画により20,000分1以上の縮尺の良質な空中写真が撮影されるようになり、昭和36年に林野庁との協定により、国土地理院が平野部190,000km²を担当することとなった。

このため、国土地理院でも昭和35年に測量用航空機として「Beechcraft Queen Air B-65P」を導入(写真-1)し、「くにかぜ」と名付けた。昭和35年から、防衛庁(当時)との協力要綱及び細目協定に基づいて撮影作業が開始され、昭和39年から始まった第2次基本測量長期計画から写真測量による本格的な2万5千分1地形図の全国整備が始まった。この整備にあわせて、「くにかぜ」による2万5千分1地形図整備のための撮影作業も本格的に始まった。



写真-1 測量用航空機「くにかぜ」

3.2 「くにかぜ」「くにかぜII」の概要

3.2.1 「くにかぜ」の概要と実績

「くにかぜ」に選定された航空機は、小型飛行機メーカーとして有名なビーチエアクラフト社(米国)が開発し、最初はパイロットの練習用として、また、電子機器搭載、写真撮影、連絡機、軽量の荷物輸送機用という目的で軍用に開発され、その後は、民間

用としても製作されたものである（「くにかぜ」の主な諸元は表－1のとおり）。

表－1 「くにかぜ」の主な諸元

機 種	ビーチクラフト クインエア 65	
エンジン	レシプロエンジン 出力 340hp×2	
乗 員（最大）	9名	
大 き さ	全 幅	13.98m
	全 長	10.16m
	全 高	4.32m
重 量	自 重	2,105kg
	搭載量	1,229kg
性 能	巡航速度	344km/h
	実用上昇限度	8,626m
	航続距離	1,931km
	離陸距離	475m
	着陸距離	514m
機体構造	非与圧	

国土地理院が購入したのは、この民間機用として製作された2号機で、空中写真撮影用に3名分の席を取り付け、大小2個の撮影口を開けて航空カメラを搭載できるように改装をほどこしたものである。

また、「くにかぜ」は、双発・低翼でこの種の航空機としては当時の最新式の機器を備えており、上昇性能も良く6,000mまで30分足らずで上ることができる。このことは、2万5千分1地形図を作成するために6,000mから7,000mの高度で撮影した空中写真を必要とすることが多い国土地理院にとって大いに有効であった。航続時間は飛行高度、速度、搭載量によって異なるが、航空カメラを搭載し操縦士を含めて5人が搭乗した場合を想定すると約4時間となる。しかし、状況に応じて搭乗人員や装備を調整して燃料を多く積むなどの処理をとれば、一部の離島を除いて、日本各地の写真撮影を行うのに十分な飛行能力を持っていた。

「くにかぜ」は、当初、海上自衛隊岩国教育航空隊に配備されていたが、昭和38年に海上自衛隊宇都宮教育航空群へ所属換えとなり、昭和48年から海上自衛隊徳島教育航空群第202教育航空隊の所属となった。「くにかぜ」は、正式に運航を開始した昭和35年から約20年間航空測量等に活躍したが、長時間稼働（延運行時間：約7,600時間、オーバーホール：8回）による老朽化に加え、通信機、航法機器、電波高度計等が旧式化してきた。さらに空中写真撮影の多様化、及び離島作業等に対応するには航続距離、搭載能力等飛行性能の面で十分な成果を期待で

きなくなってきた。このため、昭和58年に、後続機である「くにかぜⅡ」にその任務を譲った。この間、空中写真撮影の総面積は282,000km²、撮影延長距離は79,000km、航空磁気測量の延長距離は155,700kmに及んだ。

退役した「くにかぜ」は、昭和59年4月に、備品として防衛庁（当時）より国土地理院へ管理換えを行い、機体は、海上自衛隊下総航空工作所の支援を得て、下総航空基地で分解後、国土地理院へ輸送し組み立てを行った。

現在、「くにかぜ」は、その活躍を記念するため「地図と測量の科学館」の地球ひろば横に展示されている。

3. 2. 2 「くにかぜⅡ」の概要と実績

測量用航空機としての条件は、安定性、上昇性、巡航速度、航続距離、離着陸距離、搭載能力等が優れていることが要求される。更新機種を選定にあたっては、①航空測量用に改造できる機種であること、②航空測量は離島を始め遠隔地の作業が多く、また、気象条件に大きく左右される作業であることから、運用面における航続力、上昇及び下降性能等が一定水準以上の性能を有すること、③搭乗員及び整備員の完熟性及び自衛隊の各基地における燃料補給の容易性等を考慮し、海上自衛隊がビーチクラフト・クインエア B-65 の後継練習機として使用しているビーチクラフト・キングエア C-90（ビーチエアクラフト社製）を選定した（写真－2）。



写真－2 測量用航空機「くにかぜⅡ」

航空機の種類は翼の型と推進装置によるが、推進装置による分類ではプロペラ機とジェット機に大別される。プロペラ機は、ピストンエンジンでプロペラを駆動させる通称レシプロ機と、ガスタービンでプロペラを駆動させるターボ・プロップ機とがある。

「くにかぜ」がピストンエンジンによるレシプロ

機であるのに対し、「くにかぜⅡ」はターボ・プロップ機である。ターボ・プロップ機はピストン式に比べて、エンジンの馬力当り重量が半分以下であり、構造が簡単で振動が少ないのが特徴である。そのため、騒音も少なく搭載機器も傷まないなど、多くの利点を持っている（「くにかぜⅡ」の主な諸元は表－2のとおり）。

表－2 「くにかぜⅡ」の主な諸元

機 種	ビーチクラフト キングエア C90	
エンジン	ターボプロップエンジン 出力 580hp×2	
乗 員 (最大)	10 名	
大 き さ	全 幅	15.32m
	全 長	10.82m
	全 高	4.33m
重 量	自 重	2,553kg
	搭載量	1,824kg
性 能	巡航速度	402km/h
	実用上昇限度	7,803m
	航続距離	2,125km
	離陸距離	597m
	着陸距離	525m
機体構造	与圧	

「くにかぜⅡ」の機体の大きさは、「くにかぜ」とほぼ同じであるが、ターボ・プロップ式エンジンのため搭載能力、後続距離等の性能が優れ、また、当時最新の航法計器を装備したことによって安全性も高くなった。更に与圧方式（与圧のためのカメラ窓のガラス部を写真－3に示す）となったことから室内作業が容易となり、作業能率の向上につながった。



写真－3 カメラ窓のガラス部

また、搭載可能重量が比較的大きいため、機体を航測機に改装した後の航続時間、航続距離等が他の機種ほど減少せず、着陸距離についても、プロペラがリバース方式のため、他の機種よりは比較的短い距離で着陸可能である。「くにかぜⅡ」は、従来から使用されてきた航空カメラ RMKA-15/23 と、国土地理院が新たに所有していた RC-10 の搭載も可能になり、航空磁気測量用のセンサー（写真－4）及び記録装置も新たに更新された。「くにかぜⅡ」は、航測機としての改修後、昭和 58 年から「くにかぜ」と同じ海上自衛隊徳島教育航空群第 202 教育航空隊の所属となった。



写真－4 「くにかぜⅡ」のプロトン磁力計センサー

導入当初、与圧方式のために張られたカメラ窓のガラスに霜が付着する障害が出たため、その対策のために再度改修を行った。そのため、その間の空中写真撮影業務を行うために、「くにかぜ」は昭和 58 年 12 月まで運航した。

その後、平成 8 年には PAR: Progressive Aircraft Rework（海上自衛隊機の定期修理）と併せて新型航空カメラ RC-30 及び GPS 支援型フライトナビゲーションシステム（ASCOT: LEICA 社製の Aerial Survey Control Tool）を導入したことにより、GPS 利用によるナビゲーション等も実行可能となった。また、平成 17 年には GPS/IMU 装置を追加し、平成 19 年からは従来のフィルム航空カメラに代えてデジタル航空カメラ（UCD: ベクセル社製の Ultra Cam D）を本格導入した。しかし、搭載する航空カメラ等の機材の重量化が進み、デジタル航空カメラ（UCD）を使用する場合は、4 名搭乗で航続時間が 2.5 時間にまで短くなっていた。

「くにかぜⅡ」が退役する平成 21 年度末までに実施した空中写真撮影の総面積は 582,570km²、撮影延長距離は 209,391 km、航空磁気測量の延長距離は 127,500 km となり延運航時間は 9,000 時間に及んだ。

「くにかぜⅡ」は、通常の航空測量のほか、昭和60（1985）年に長野県地附山で発生した地すべり災害の際に行った緊急撮影をはじめとして、退役するまでに21回の災害時における緊急撮影を実施している（表-3）。

表-3 緊急撮影実施一覧

実施年	対応した災害
昭和60年	長野県地附山で発生した地すべり災害
昭和61年	伊豆大島三原山の噴火による溶岩流出
平成元年	伊豆大島三原山の火口陥没
平成2年	雲仙普賢岳の噴火、火砕流災害
平成5年	北海道南西沖地震による大津波災害
平成7年	阪神・淡路大震災
平成10年	岩手山の噴火
平成10年	焼岳火山性微動
平成10年	北海道駒ヶ岳噴火
平成12年	有珠山の噴火
平成12年	三宅島火山噴火
平成16年	新潟・福井豪雨災害
平成16年	新潟中越地震
平成17年	福岡県西方沖地震
平成17年	台風14号災害（岩国、竹田、湯布院、延岡、椎葉、宮崎、都城、垂水）
平成18年	岐阜県の揖斐川地すべり災害
平成18年	沖縄県地すべり災害
平成18年	7月豪雨災害 九州南部
平成20年	岩手・宮城内陸地震
平成20年	岩手県沿岸北部を震源とする地震
平成21年	駿河湾を震源とする地震

※平成19（2007）年度に発生した中越沖地震では、PARとUCD取り付けのための改修中だったため外注により緊急撮影を実施した。

4. 測量用航測機「くにかぜⅢ」の概要と役割

4.1 「くにかぜⅢ」の概要

4.1.1 「くにかぜⅢ」導入の背景

上記のとおり、国土地理院の空中写真撮影事業は海上自衛隊等との協力の下、半世紀にわたって続いていたところであったが、一方で国土地理院においては航空機用の合成開口レーダ（SAR）装置の導入など、観測機器の大型化も進んでいたため、そうした新たなニーズに対応するためには従来の航空機では狭隘になっていた。

この航空機SARの観測については、民間業者では専らセスナが使われており、「くにかぜⅡ」で使用していた航空機と比較しても大きいものであったが、

残念ながら防衛省では同機の運用は行っておらず、この「狭隘」という問題を解決するためには、運航を従前の防衛省によるものから民間によるものに移行せざるを得なかった。

こうした背景を受け、「くにかぜⅡ」が平成21年度末をもって退役するのを機に、「くにかぜⅢ」は機体を従前のビーチクラフト・キングエアからセスナ208Bに変え、運航は民間委託という形になった。

4.1.2 「くにかぜⅢ」の概要

上記の背景を受け、後継機として導入する「くにかぜⅢ」（図-3）の諸元は表-4のとおりである。

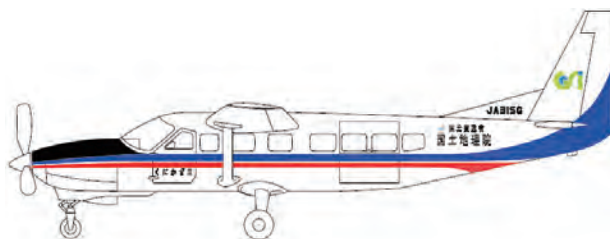


図-3 「くにかぜⅢ」の機体イメージ

表-4 「くにかぜⅢ」の主な諸元

機種	セスナ 208B	
エンジン	ターボプロップエンジン 出力 675 shp	
乗員（最大）	11名	
大きさ	全幅	15.88m
	全長	12.67m
	全高	4.52m
重量	自重	1,861kg
	搭載量	2,124kg
性能	巡航速度	341km/h
	実用上昇限度	7,620m
	航続距離	1,797km
	離陸距離	507m
	着陸距離	472m
機体構造	非与圧	

「くにかぜⅡ」と比較しても分かるとおり、搭乗可能人員が増えており、デジタル航空カメラ搭載時を比較すると、「くにかぜⅡ」が2名であるのに対し、「くにかぜⅢ」では5名の搭乗が可能である。これは、それだけ機体内部の容量が大きいことを意味しており、例えば「くにかぜⅡ」では不可能だったSARの搭載や、これまで二者択一だったデジタル航空カメラとフィルム航空カメラについて同時搭載が可能となっている。

「くにかぜⅢ」では、上記を含め

- ・デジタル航空カメラ (UCD)
- ・フィルム航空カメラ (RC-30)
- ・ビデオカメラ
- ・合成開口レーダ (SAR)

などを搭載することが予定されており、より多様なデータ収集が出来ることが期待されている。

4. 2 「くにかぜⅢ」の役割

「くにかぜⅢ」に搭載予定の機器は上述のとおりであるが、国土地理院としては測量用航空機「くにかぜⅢ」でもこれまでと同様、地形図修正や災害対応を中心として運用していく計画であり、災害時と平常時についての具体的な運用内容は以下のようなものを想定している。

1) 災害時の運用

- ・撮影可能地域は東京都小笠原支庁を除き全国
- ・災害対応対象は、地震の場合震度6弱以上で被害の発生状況を踏まえ、その他の災害については被害の発生状況等を踏まえ対応を検討
- ・状況によりビデオカメラ撮影による映像取得を実施

2) 平常時の運用

- ・当初の撮影範囲については、災害時対応を考慮し、本州及び四国を中心とした地域について、以下のような撮影を実施
- 電子国土基本図(地図情報)即時修正のためのピンポイント撮影
- 電子国土基本図(オルソ画像)整備のための小地

域撮影

- 火山地域警戒のための平常時撮影
- SAR 観測
- 防災訓練
- 災害時対応のための撮影・情報収集訓練
- 調査研究のための撮影

また、平成20年2月23日に宇宙航空研究開発機構(JAXA)が打ち上げた超高速インターネット衛星「きずな」を用いて、撮影基地から国土地理院に直接画像データを伝送することによる時間短縮を図る通信実験を行い、この成果をもとに、国土地理院とJAXAとの間で、強い地震が発生した際には「きずな」の通信リソースを36時間優先的に国土地理院が使用できる取り決めを締結していることから、「くにかぜⅢ」が地方の飛行場に進出して災害対応のための緊急撮影を行う場合には、「きずな」を利用して現地飛行場からつくば市の本院へ画像データを送信することを予定している。

さらに、22年度には、SARの本格的な運用に向けた試験観測等を実施する予定である。

5. まとめ

本発表では、国土地理院における空中写真撮影事業について50年前の航空機導入からこれまでの成果、及びこのたび就航した「くにかぜⅢ」についてその概要と役割について紹介した。

今後も、国土地理院では測量用航空機「くにかぜⅢ」による空中写真撮影業務の実施を通じて、地理空間情報の構築や災害対応に貢献していきたいと考えている。

参考文献

山後公二(2009):電子国土基本図(オルソ画像)の整備について,地図,47(3),15-20.