

測量用航空機「くにかぜⅢ」の概要と役割 Outline and Mission of Survey Aircraft “KUNIKAZE”

測図部 林 孝

Topographic Department Takashi HAYASHI

要 旨

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。そしてこの度、平成 21 年度末に「くにかぜⅡ」が退役し、平成 22 年 6 月に新しい測量用航空機「くにかぜⅢ」が就航したので、画像情報整備に係る事業の概要、これまでの測量用航空機の概要及び測量事業の実績を報告するとともに、新しい測量用航空機「くにかぜⅢ」の概要と役割を紹介する。

1. はじめに

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等を実施して、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おり、平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震や最近では平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震など数多くの災害に対応してきた。

また、地理空間情報をと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、行政区画の境界線及び代表点などの国土の基盤となる地理空間情報が基盤地図情報項目として定義された。これを受け、空中写真撮影は、基盤地図情報項目に含まれる「標高点」データを整備する手段としても位置づけられるようになった。

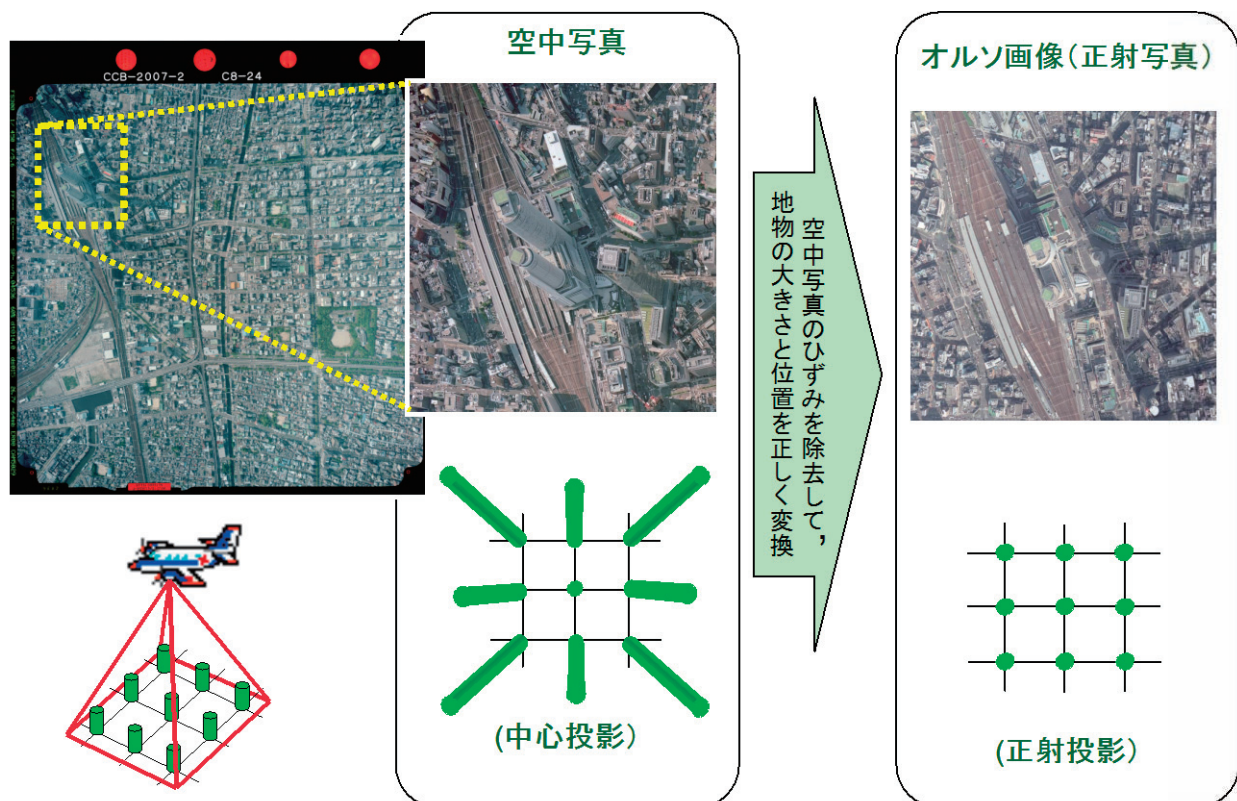
さらに、インターネット等の普及により地理空間情報のデジタル化はもとより進んでいたが、空中写真撮影にもデジタル化の波は押し寄せ、従来のフィルム航空カメラによる撮影からデジタル航空カメラによる撮影に急速に移行している。

2. 画像情報整備の概要

空中写真画像がデジタル化されたことで、標高データの作成プロセスから容易にオルソ画像（正射写真）が作成できるようになった。

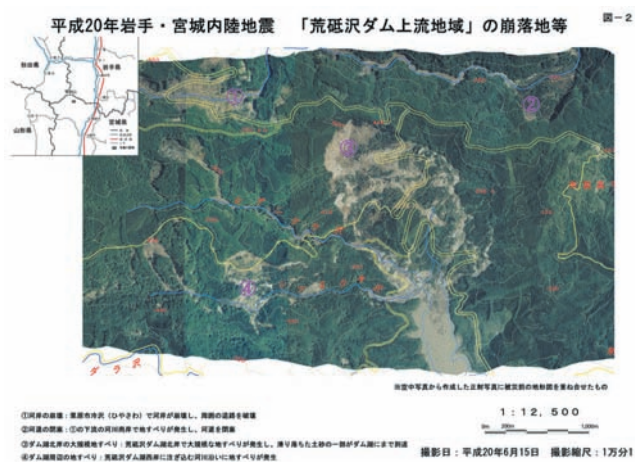
オルソ画像は、空中写真と比較して、標高に影響されずに位置が正しく投影されていることから、オルソ画像を背景として地図を修正することができるなど利便性が高い（図－1）。

また、災害状況の調査においても、岩手・宮城内



図－1 オルソ画像のイメージ

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のように、被災箇所が正確に把握できるほか、土砂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る。このようにオルソ画像は災害時においても非常に有効な資料となる(図-2)。



資料-4

空中写真から推定される駒の湯温泉に被害を与えた土砂崩落の流下状況

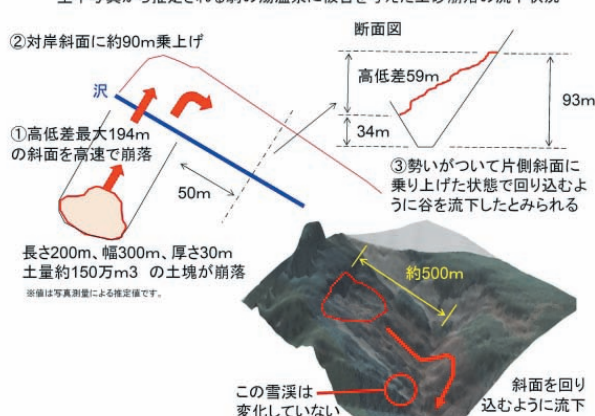


図-2 平成20年岩手・宮城内陸地震の際に作成した写真図の一部(上図)と解析結果の一部(下図)

基盤地図情報施策によるデータ整備は、現状は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。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、縮尺1万分1の空中写真を撮影し、5mメッシュのDEM及び地上分解能20cm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、縮尺2万分1の空中写真を撮影し、5mメッシュのDEM及び地上分解能40cmのオルソ画像の作成を進めている。この縮尺の写真は、地図情報レベル5000の地図作成と対応している。

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空中写真撮影や、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。

また、空中写真撮影による画像情報の整備のほか、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。

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

戦後の混乱期における空中写真は、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年代に入ると国土基本図事業や森林計画により2万分1以上の縮尺の良質な空中写真が撮影されるようになった。国土地理院でも昭和35年に測量用航空機として「くにかぜ」と名付けた「Beechcraft Queen Air B-65P」(写真-1)を導入し、昭和35年より防衛庁(当時)との協力要綱及び細目協定に基づいて空中写真撮影を開始した。昭和36年には林野庁との協定により、国土地理院が平野部19万km²を担当することとなった。

その後、昭和39年から始まった第2次基本測量長期計画に基づき、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とを受け、「くにかぜ」による2万5千分1地形図整備のための空中写真撮影を本格的に開始した。



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、最初はパイロットの練習用のほか、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を開発し、その後、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)。

国土地理院が購入したのは、この民間用として製作された2号機で、空中写真撮影のために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施したものである。

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分足らずで上がることができた。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時間となった。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。

表－1 「くにかぜ」の主な諸元

機 種		ビーチクラフト クイーンエア 65
エンジン		レシプロエンジン 出力 340hp □□
乗 員 (最大)		9 名
大 き さ	全 幅	13.98m
	全 長	10.16m
	全 高	□□□□m
重 量	自 重	□□□□□N
	搭載量	□□□□□N
性 能	巡航速度	□□□NP□
	実用上昇限度	□□□□□m
	航続距離	□□□□□NP
	離陸距離	475m
	着陸距離	514m
機体構造		非与圧

「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□□□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□□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79,000 km、航空磁気測量の延長距離は155,700 kmに及んだ。

昭和59年4月に退役した「くにかぜ」は、備品として防衛庁(当時)より国土地理院へ管理換えされ、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い、現在も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。「くにかぜ」の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搭乗員と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・クイーンエア 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」

航空機の分類は、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た（「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。さらに与圧方式（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、搭載重量が比較的多いため、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、他の機種よりは短い距離での着陸

が可能であった。「くにかぜⅡ」は、従来から使用してきた航空カメラ RMKA-15/23 と、国土地理院が新たに所有した RC-10 の搭載も可能になった。また、航空磁気測量用のセンサー（写真－4）及び記録装置も更新し、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。

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、デフロスター（着霜・着氷・結露を防止するための装置）の改修を行った。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。



写真－4 「くにかぜⅡ」のプロトン磁力計センサー

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、操縦士を含めた 4 名搭乗の場合には航続時間が 2.5 時間にまで短くなった。

「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。

退役した「くにかぜⅡ」は、当初「くにかぜ」同様に展示機として国土地理院構内での保存を検討したが、解体処分することになった。

「くにかぜⅡ」は、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	緊急撮影地区名
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	兵庫県南部地震
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	有珠山噴火
平成 12 年	三宅島火山噴火
平成 16 年	新潟・福島豪雨災害
平成 16 年	新潟県中越地震
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

近年、デジタル航空カメラや GPS/IMU の普及など、空中写真撮影を取り巻く技術的環境は大きく変化している。デジタル航空カメラや航空機用の合成開口レーダ（SAR）装置など、観測機器の重量化や大型化を踏まえ、測量用航空機の機体選定にあたっては「くにかぜⅡ」より大きい機体を導入する必要がある。

航空機 SAR の観測にあたり、民間では専らセスナが使われていたこともあり、新しい測量用航空機「くにかぜⅢ」の機体はセスナ 208B に決定した。

「くにかぜ」及び「くにかぜⅡ」については、海上自衛隊の協力の下で運航し、災害時の緊急撮影を含む空中写真撮影や航空磁気測量を実施してきたが、残念ながら防衛省はセスナ機の運用を行っていない

ため、これまでの防衛省による運航から、民間による運航に移行することとした。

4. 1. 2 「くにかぜⅢ」の概要

新しく導入した「くにかぜⅢ」（写真－5）の諸元は表－4 のとおりである。



写真－5 「くにかぜⅢ」

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」に比べ、搭乗可能人員が多く、デジタル航空カメラ搭載時では「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。そのため、「くにかぜⅡ」では不可能だった航空機 SAR の搭載や、デジタル航空カメラとフィルム航空カメラの同時搭載も可能となった。

「くにかぜⅢ」では、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、航空機 SAR などの搭載を予定しており、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. 1. 3 「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、測量用航空機「くにかぜⅢ」でもこれまでと同様、災害対応や地形図修正を中心として運用

していく計画である。

なお、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って陸送時間の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、震度 6 弱以上の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に締結している。これにより、「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国土地理院本院へ画像データを送信することも予定している。

災害時と平常時について、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く全国
- ・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
- ・ビデオカメラ撮影による映像取得は状況により実施

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を想定し、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
 - 航空機 SAR 観測（22 年度に試験観測を予定）
 - 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

5. まとめ

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、今後も地理空間情報の整備・更新や災害対応に貢献していく予定である。

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.