

緊急撮影及び緊急航空レーザ測量に関する協定に基づく活動報告

財団法人日本測量調査技術協会

はじめに

財団法人日本測量調査技術協会（測技協）は、会員各会社とともに、国土地理院との協定に基づき大規模な災害が生じた場合に緊急撮影を実施している。先般発生した東北地方太平洋沖地震に際しても、2回にわたり緊急撮影を実施するとともに、新たに航空レーザ測量についても同様の協定を結び、データ取得及び数値標高モデル（DEM）の作成を行った。以下、その活動状況を、協定の成立経緯、今後の課題等と併せて紹介する。

1. 緊急撮影及び緊急航空レーザ測量に関する協定の背景

1.1 災害時における空中写真の活用

写真は、事実を忠実かつ瞬間的に画像として記録できるので、複雑かつ時々刻々と変化する事象を記録するのに適している。特に空中写真は、地上からは接近できない場所も含め広域にわたる現象をもれなく大局的に記録できる。

このため、我が国の空中写真撮影が解禁された1960年代以降、被災直後の空中写真が多数撮影されるようになった。そして、空中写真の利用分野の一つとして定着した。

ただし、撮影作業に加え、フィルムの現像、焼き付け、成果の運搬等にも相当の時間がかかり、災害対策関係者に成果を提供するまでに数日を要していた。

このため、これらの写真は、被災時の応急対策というよりは、復旧事業の計画や防災対策の調査研究に用いられるのが一般的であ

った。

1.2 ヘリコプタービデオシステムの検討

一方、報道機関では1980年ころからヘリコプターで被災地の状況をビデオ撮影し、直ちに放映するようになった。

この技術を防災活動に活用するため、建設省（現国土交通省）は、1987年から1992年にかけて総合技術開発プロジェクト「災害情報システムの開発」を実施し、災害の進行状況をヘリコプター搭載のビデオカメラで撮影し、関係者に配信する技術などを開発した。

これにより、空からの災害映像を応急対策に活用する道が開けた。しかし、撮影範囲が狭いこと、配備機数がそれほど多くはないことなどから、広域をもれなく大局的に把握するという空中写真の特長を代替するには至らなかった。

1.2 緊急撮影協力協定の締結

一方、空中写真については、民間会社によって自主的に撮影された空中写真のほか国土地理院が保有機により行った緊急撮影の成果が防災関係者に利用されていたが、相互の連絡調整はなく、非効率であり、撮影の空白が生じることもあった。

このため、国土地理院と測技協は2005年に「災害時における緊急撮影に関する協定」を締結し、災害時の空中写真撮影の調整に協力することとなった。

協定を具体化するため、「災害時における緊急撮影運用基準」が定められたほか、測技協

は「大規模災害時における緊急撮影の実施に関する調査検討作業」を国土地理院から受託し、この協定及び基準の実際の運用の細部を検討した（国土交通省国土地理院、2005；神前ほか、2006）。その結果、初版の「災害時における緊急撮影運用マニュアル」（国土交通省国土地理院、2006）が制定された。

これらの処置により、災害発生直後の空中写真が官民の協力により計画的に整備されることとなった。

1.4 デジタル化への対応

その後、写真測量の分野でも新技術の導入とデジタル化が進んだ。

2004年には写真の歪みを補正し、地図と重ね合わせることが可能なオルソ画像をデジタルデータとして作成するためのマニュアルが測技協の受託研究成果を基に作成された（国土交通省国土地理院、2004）。

2008年には公共測量作業規程の準則が改定され、デジタル航空カメラによる撮影、デジタルオルソの作成、航空レーザ測量などが記載された。

国土交通省は、2007年から2009年にかけて総合技術開発プロジェクト「高度な画像処理による減災を目指した国土の監視技術の開発」を実施し、航空機デジタルカメラによる夕刻時撮影の可能性等を検討した。そして、カラーに比較して地上解像度が高いパンクロマティック画像を使用すれば、日没10分後に撮影された画像でも十分図化できることなどを確認した（国土交通省、2010）。

このような技術の進歩を活かすため、2009年に緊急撮影運用基準及びマニュアルが改定され、夕刻の撮影も可能とし、成果の一つに簡易オルソ画像が加えられた。さらに2010年には災害デジタルオルソ作成作業マニュアル（案）が作成された。

1.5 航空レーザ測量協力協定

地表面の標高を精密に計測する手段として航空レーザ測量への期待が高まり、2006年には数値地形モデル（DEM）を作成するためのマニュアルが測技協の受託研究成果を基に作成された（国土交通省国土地理院、2006）。これを踏まえ、2008年には既に述べたように準則に記載され、その成果は地図データの一要素としてはもとより、防災のための地形調査の資料として航空レーザ測量の成果が広く利用されるようになった。

今回の災害においても海岸部が大規模に沈降するなどにより、緊急に航空レーザ測量を実施する必要が生じた。

このため、測技協は、地震直後の2011年3月16日に、緊急撮影とほぼ同じ内容の「災害時における緊急航空レーザ測量に関する協定」を国土地理院と締結し、この協定による測量作業が実施された。

2. 緊急撮影協力協定の特徴

このような経緯により成立した緊急撮影協力協定には、緊急撮影実施体制の構築、実施のための事務手続き及び緊急撮影の技術的内容を定められている。航空レーザ測量に係る協定は、緊急撮影の協定と基本的には同様であることから、以下では緊急撮影協力協定の特徴を述べる。なお、この協定は、別途定められた運用基準及び運用マニュアルと合わせて機能しており、詳細な内容は運用マニュアルに記述されている。ここでは、最新の運用マニュアル（国土地理院、2009）に基づき記述する。

2.1 緊急撮影の実施体制の構築

緊急撮影の準備として、実施体制の構築に関することが定められている。

その手順は、以下のようになっている。①

測技協は、会員会社に緊急撮影に参加の意思があるか問い合わせる。②会員会社は参加の意思の有無を回答するとともに、参加を希望する場合は、使用する機器材等を測技協に届け出る。③測技協は、会員会社の回答を吟味し、緊急撮影への参加会社を選定する。④測技協は、参加会社を国土地理院に登録するとともに、緊急撮影実施のための連絡体制を構築する。

平成 23 年 10 月 1 日現在、24 社が登録されている。

2.2 緊急撮影の実施手続き

災害が発生した場合は、国土地理院の決定に基づき、測技協が窓口となって、緊急撮影対応可能会社の調査、報告を行う。

すなわち、緊急撮影の実施が決断されると、①国土地理院は撮影地区（面積）、数値写真レベル（地上解像度）、基準面高及び使用する機器を定めて測技協に調査を要請する。②測技協は、要請を受けて登録会社に対応可能か問い合わせる。③登録会社は問い合わせを受けて、対応可能か否かを測技協に回答する。④測技協は、撮影基地から無給油で当該地域を撮影できること、3 時間以内に実施体制を確保できること等の基準により優先順位とその理由を付けて、対応可能会社を国土地理院に報告する。⑤国土地理院は報告を受けて、撮影実施会社を選定する。以上の流れにより、実施機関が効率的に選定される。これまでの経験では、実施の決断から実施機関の選定まで、概ね 6 時間以内で完了している。

2.3 緊急撮影の技術的内容

緊急撮影は概ね平常時の撮影と同様に実施される。ただし、災害対策に必要な成果を迅速に提供するため、データ処理等の手順を工夫し、撮影業務に係る制約は可能な限り緩和

されている。以下、その主なものを述べる。

1) 成果の種類

成果については、2009 年にマニュアルがデジタルカメラによる撮影を前提としたものに改定され、数値写真（ネガフィルム（フィルムカメラの場合）、サムネイル画像、簡易オルソ含む。）、標定図、外部標定要素成果表、精度管理表、撮影記録を納入することとされている。成果がデジタル化されていることから、GPS/IMU による標定が行われていることから、撮影時の航空カメラの位置と姿勢の情報をもとに空中写真を標定し、既存の標高データ（DEM）を使用して空中写真を正射画像に変換し、さらにこれを色調整して集成した簡易オルソが数値写真の中に含まれるようになった。これにより、災害時に被災地の状況をよりわかりやすく把握することができるようになった。

2) 成果の納入

成果の納入については、順次、①サムネイル画像、標定図、精度管理表（緊急撮影用）、撮影記録及び外部標定要素等、②簡易オルソ、③数値写真、空中写真撮影コース別精度管理表を作成し、監督員の指示する場所及び時刻に指定の数量を納入するとされている。データ容量が少なく処理が容易なサムネイル画像を最初に作成すること、納入場所が臨機応変に指定されることにより、通常より迅速に成果が関係者に提供・利用されるようになる。

3) 撮影の時間帯

撮影の時間帯については、「監督員は、災害の状況に応じて早朝又は夕刻時の特殊な時間帯に撮影を依頼することがある。ただし、フィルム航空カメラを使用する場合はこの限りではない。」緊急撮影の基準については、「緊急撮影区域に、雲、火災による煙等の障害がある場合は、再撮影の実施の有無について監督員と協議する。」とされており、多少の障害

があっても撮影を実施し、関係者に提供できるよう配慮されている。

4) その他

このほか、緊急撮影の点検基準については、通常の撮影に用いられる、基本図測量作業規程（案）、GPS/IMU 撮影作業要領及びデジタル空中写真撮影作業要領並びにデジタルオルソ作成作業要領に基づくとされているが、いくつかの事項は省略等ができるように規定されている（神前ほか、2006、国土交通省国土地理院、2009）。

3. 東北地方太平洋沖地震災害に対応した緊急撮影の実施

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード 9.0 のエネルギーにより青森県、岩手県、宮城県及び福島県の東北 4 県並びに茨城県及び千葉県の間東 2 県にまたがる大規模な津波被害とより広域にまたがる地震動被害をもたらした。これを受けて、直ちに緊急撮影が実施された。なお、

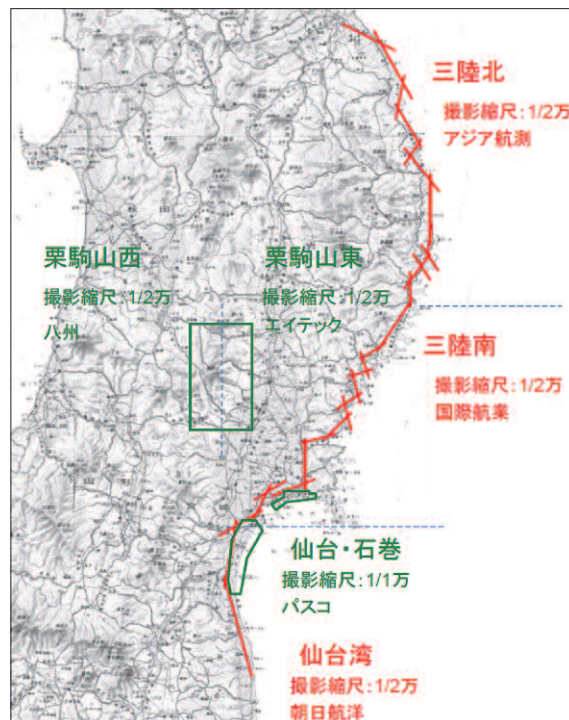


図 1 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震災害に伴う第一次緊急撮影実施計画
注）栗駒山東及び同西の撮影は、天候不順が続き一部中止された。

余震も含めたこの地震による被害は、北海道から四国地方まで広範囲な地域から報告されている（2011 年 11 月 30 日付警察庁緊急災害警備本部広報資料）。

3.1 第 1 次緊急撮影

測技協は東京都新宿区にあり、震央から約 400km 離れていたが、非常に大きな地震動を体感し、緊急撮影の可能性を予感させられた。余震が連続的に続くなか、発震約 45 分後に国土地理院から緊急撮影のための待機依頼があり、測技協も緊急撮影の体制に入った。

発震約 45 分後には、国土地理院の調査要請を受けて、直ちに登録会社に緊急撮影の可否を紹介したが、災害の規模があまりに大きいことから、撮影対象地域や撮影仕様を明示できず、各社は対応に苦慮したようである。

約 3 時間後には国土地理院に第 1 報の調査結果を連絡した。その経過は次のとおりである。

3 月 11 日（金）

- 14：46 地震発生
- 15：30 国土地理院より待機依頼
- 15：45 対応可能会社について国土地理院から調査依頼
- 15：54 関係各社に調査メール発出
- 17：59 7 社対応可能と国土地理院に報告
- 22：37 9 社対応可能と国土地理院に報告

3 月 12 日（土）

- 12：07 6 社に分割発注する旨国土地理院から通知

以上の結果として、対象地域を 6 社で分担

表 1 第 1 次緊急撮影の実施状況（H23.3.12：11：00 現在）

撮影地区	面積	実施状況	対応会社
三陸北	818km ²	11：00 離陸	アジア航測株式会社
三陸南	1,044km ²	9：10 離陸	国際航業株式会社
仙台・石巻	529km ²	10：00 離陸	株式会社パスコ
仙台湾	663km ²	11：00 離陸	朝日航洋株式会社
栗駒山東部	673km ²	八尾で調整中	株式会社エイテック
栗駒山西部	673km ²	9：23 離陸	株式会社八州



図2 第1次緊急撮影で撮影された空中写真（宮城県石巻市周辺；3月12日撮影）国土地理院ホームページより公開
(http://saigai.gsi.go.jp/h23taiheiyok-ok/photo/photo_dj/index.html)

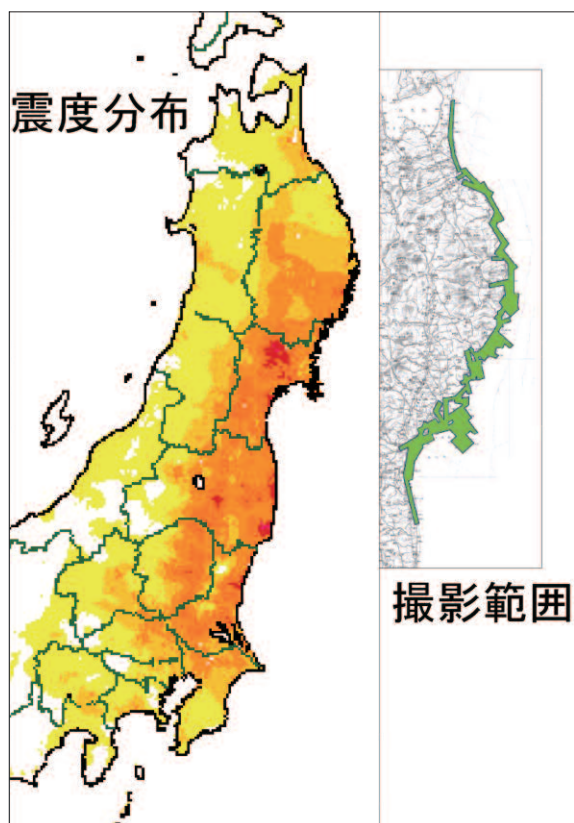


図3 気象庁推計震度分布図（左）と緊急撮影実施地域概要図（右）
注1）震度分布図は、気象庁（2011）平成23年3月11日16時00分報道発表資料「平成23年3月11日14時46分頃の三陸沖の地震について」
(<http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/11b/kaisetsu201103111600.pdf>)、実施地域概要図は林孝（2011）による。
注2）震度は赤が6強、濃い茶色が6弱
注3）実施地域には、本稿で述べた緊急撮影による4,820km²、84コース、2,245枚の成果のほか、4/1～4/5に行われた国土地理院直営撮影による2,082km²、25コース、514枚の成果が含まれている。

して撮影することとなった（表1、図1、図2）。栗駒山東部及び西部は天候不順が続き撮影が

一部中止されたが、沿岸部の4地区は3月12日（土）及び3月13日（日）に撮影が完了した。

3.2 第2次緊急撮影

第1次緊急撮影を実施中に、第2次緊急撮影の実施が決まり、調査要請が行われた。調査の手順は第1次緊急撮影とほぼ同様である。2回目の調整であり、連絡は円滑に行われたが、第1次緊急撮影の他にも航空機を利用する業務が急増したこともあり、対応可能と決定するまでに各社とも社内調整に手間取ったようである。なお、今回は、調整の最終段階で計画が縮小されたため、関係各社には大変迷惑をかけた。

調整の経過は以下のとおりである。

3月13日（日）

午後 対応可能会社について国土地理院から調査依頼

15：05 関係各社に調査メール発出

17：42 7社対応可能と国土地理院に報告

18：25 9社対応可能と国土地理院に報告

20：24 10社対応可能と国土地理院に報告

14日（月）

00：12 計画を縮小し1社のみと契約すると国土地理院から通知

その結果、中日本航空株式会社が実施することとなった。撮影内容は、第1次緊急撮影で未撮影であった海岸線部分である。撮影は、天候の影響により、3月19日（土）に行われた。

以上2回の緊急撮影により、4,820km²の撮影が行われた。なお、緊急撮影は、被害発生地域だけでなく想定被害区域内で被害が及んでいない地域を明らかにすることも目的としており、地震災害の場合震度6以上の地域をカバーする撮影を行うことになっている（神前ほか、2006）。しかしながら今回は、地震の規模が想定を越えているほか、津波の被害が

あまり甚大であったため、撮影範囲は津波の被害地域をカバーするよう設定され、震度6以上でも撮影されなかった地域を生じた（図3）。

3.3 緊急撮影に使用された機材

今回の緊急撮影には、よく知られた標準的な機材が用いられた（表2）。航空機にはセスナ208が5機と最も多く用いられ、次いでセスナ206が3機、エアロコマンダーが1機である。

表2 平成23年東北地方太平洋沖地震災害に伴う緊急撮影に使用された機材

機材	機種または形式
航空機	セスナ208 (5)、セスナ206 (3) エアロコマンダー (1)
航空カメラ	DMC (4)、UCX (2)、UCD (1)、RC-30 (2)
GPS/IMU装置	POS/AV 510 (7)、POS/AV 310 (2)

注) 2社が複数の撮影機を使用した。

撮影カメラは、デジタルカメラが7台と多く用いられたが、フィルムカメラも2台用いられている。デジタルカメラでは、Inter-Graph-Carl Zeiss Imaging (Z/I) 社の Digital Mapping Camera (DMC) が4台と最も多く、Vexcel Imaging 社の UltraCamD (UCD) が1台、同 UltraCamX (UCX) が2台用いられている。

4. 緊急航空レーザ測量の実施

今回の災害では、海岸部の大規模な地盤沈下や河川堤防の損壊があった。そのため、数ヶ月後の出水期を控え、洪水危険性が高まっていると想定された。また、津波により生産されたがれきが大量に堆積して応急対策の妨げとなった。

これらの変状は航空レーザ測量により精密かつ効率的に把握できることから、その実施が要望された。

4.1 数値標高モデル作成

上記経緯から宮城県は航空レーザ測量のデータ取得部分のみを応急的に実施し、がれきの堆積量を計測していた。そのデータは、地上の特徴的な建物の座標値と関連付ければ簡易的ではあるが地盤高データとなり、洪水危険度の把握に有効であることから、データ解析を緊急航空レーザ測量として実施することとなった。

このため、緊急撮影協力協定に準じて3月23日に対応可能会社の調査と調整が行われた。その経過は以下のとおりである。

3月23日（水）

- 12：41 対応可能会社について国土地理院から調査依頼
- 13：39 関係各社に調査メール発出
- 16：55 3社対応可能と国土地理院に報告
- 19：32 5社対応可能と国土地理院に報告

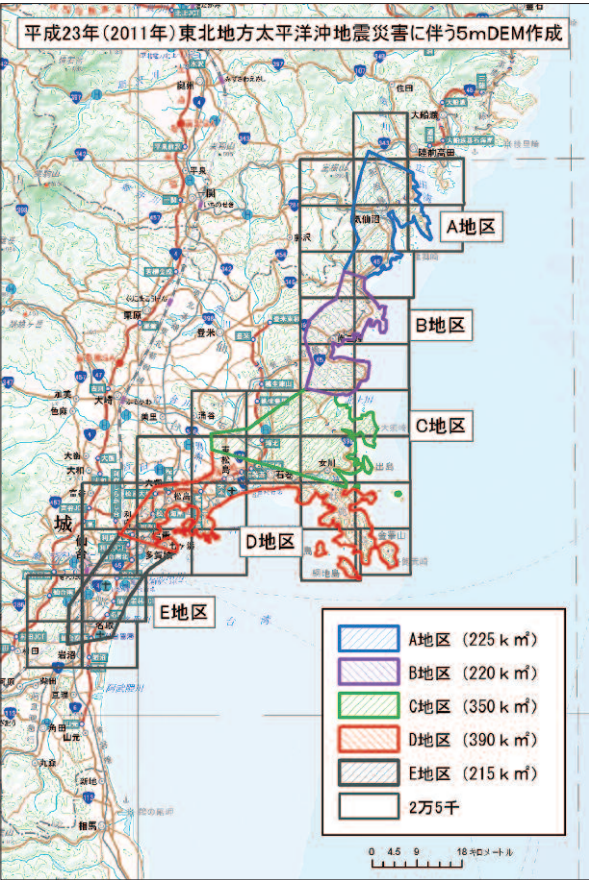


図4 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震災害に伴う5m DEM 作成実施計画

25 日（金）

10：28 5 社に分割発注する旨国土地理院から通知

その結果、5 社で分担して数値地形モデル（5mDEM）を作成することとなった（図 4）。

4.2 航空レーザ計測

上記のように簡易な方法による数値地形モデルが応急的に作成されたが、本格的な出水期を控え、また本格的な復興事業を推進する上からもより精度の高い標高データを取得する必要性が生じた。このため、被災地を包括的にカバーする広範囲な地域において航空レーザ測量を実施することとなった。この場合も、出水期を 1 ヶ月後に控え、通常の契約方式によっては間に合わないため、測技協の緊急航空レーザ測量の体制を活用して実施機関が選定された。

その調整経緯は以下のとおりである。
4 月 25 日（月）

- 19：15 対応可能会社及び可能な場合福島原発から 40km 圏直近の計測が可能かについて国土地理院から調査依頼
- 20：15 関係各社に調査メール発出
- 21：07 2 社対応可能、ただし、原発 40km 圏直近計測への対応については社内協議が必要と国土地理院に報告
- 22：29 7 社対応可能、ただし、原発 40km 圏直近計測への対応については 1 社のみ可能で、他社は検討中と国土地理院に報告

26 日（火）

- 16：08 原発 40km 圏直近計測への対応について、直近まで可能 2 社、計画避難区域を除けば直近まで可能 1 社、50km 圏直近まで可能 2 社、60km 圏直近まで可能 1 社、80km 圏直近ま

表 3 東北地方太平洋沖地震に伴う航空レーザ計測実施計画

地 区	面 積	作業機関
松島・岩手山東部	1,129.4km ²	朝日航洋株式会社
宮古・蔵王山	2,001.6km ²	国際航業株式会社
いわき・駒ヶ岳	1,763.8km ²	中日本航空株式会社
大船渡・磐梯山	1,971.7km ²	株式会社パスコ
日立・安達太良山	1,003.4km ²	株式会社エイテック
銚子・栗駒山	1,892.4km ²	アジア航測株式会社
南三陸・岩手山西部	1,217.3km ²	北海航測株式会社



図 5 東北地方太平洋沖地震に伴う航空レーザ計測実施計画

で可能 1 社と国土地理院に報告
27 日（水）

15：58 7 社に分割発注する旨国土地理院から通知

以上の結果、7 社で分担して測量を実施することとされた（表 3、図 5）。

5. 東日本大震災の特徴

当地震は、我が国最大規模の地震エネルギーにより、想定外の津波をもたらした近年まれ

に見る大被害を残したが、緊急撮影に実施に関しても大きな影響または制約を与えた。

5.1 原子力発電所の事故（飛行禁止処置）

今災害では、原子力発電所で事故が起き、災害対応が大きく制約されたが、空中写真の撮影や航空レーザ計測も例外ではなかった。

発災翌日には、原子力発電所周辺に飛行自粛要請が発出され、同日 15：36 の 1 号機爆発事故を踏まえて、同日中にその範囲は半径 20 km、高さ無制限と拡大された。これにより福島県浜通の中央部は撮影ができなくなった。さらに、14 日 11：01 の 3 号機、15 日 06：14 の 4 号機と続けて爆発事故が発生し、15 日 11：59 には半径 30km、高さ無制限の空域が航空法第 80 条に基づく飛行禁止区域に設定された。ちなみに 3 月 17 日には自国民を対象としてであるが、駐日米国大使により半径 80km の範囲からの避難が推奨された（表 4）。

このように、時間を追って待避をすべき地域が拡大され、その範囲が日米で異なっていたため、4.2 で述べたように、航空レーザ計測において撮影機の進入範囲が実施機関により異なる結果を招いた。今後、放射能汚染の上空飛行への影響について研究を進める必要がある。

5.2 拠点飛行場の被災

今回の災害では、被災地の中心にある仙台空港が津波により使用不能になった。このため、撮影機の発進地は、

主に調布飛行場が使用されたが、対象地域から約 250～550km あり、表 5 に示すように、使用された航空機の巡航速度が約 300km であることから往路に 1～2 時間を要することとなった。また、航続距離を勘案すると現地での撮影時間は 1～3 時間が限界となった。

また、緊急撮影登録会社の撮影機の中には仙台空港で被災し、使用不能になったものもあった。このことは、多くの撮影機が根拠地としている調布飛行場が被災した場合の深刻な影響を予感させる。平常時からそのような状況に対する対応を検討しておく必要がある。

5.3 広範囲における基準点成果の利用停止

3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震により地殻変動が観測され、日本の東半部の電子基準点及び一般基準点の実用成果（公共測量等に用いる座標値）の利用が停止された。GPS による電子基準点の座標値観測機能は比較的早い時期に復旧したが、地震後も余震が続き、不

表 4 被災した原子力発電所周辺の飛行制限等の処置経緯

日 時	処 置
3 月 12 日（土） 08：07	福島第 1 原子力発電所半径 10km、高さ 10km を飛行自粛要請
09：16	福島第 2 原子力発電所半径 3km、高さ 3km を飛行自粛要請
15：36	福島第 1 原子力発電所 1 号機爆発
18：35	福島第 2 原子力発電所半径 10km、高さ 10km を飛行自粛要請
18：58	福島第 1 原子力発電所半径 20km、高さ無制限を飛行自粛要請
3 月 14 日（月） 11：01	福島第 1 原子力発電所 3 号機爆発
3 月 15 日（火） 06：14	福島第 1 原子力発電所 4 号機爆発音と壁が一部損傷
11：59	福島第 1 原子力発電所半径 30km、高さ無制限を飛行禁止
3 月 17 日（木）	福島第 1 原子力発電所半径 80km を避難推奨（駐日米大使）

注 1) 爆発等は平成 23 年 4 月 5 日付経済産業省原子力安全・保安院資料

注 2) 飛行制限等は平成 23 年 3 月 15 日付け国土交通省航空局技術部運航課資料

注 3) 駐日米大使の避難推奨は平成 23 年 3 月 17 日付け在日米大使館資料
(<http://japan.usembassy.gov/e/p/tp-20110317-01.html>)

表 5 平成 23 年東北地方太平洋沖地震災害に伴う緊急撮影に使用された航空機の性能

機 種	定 員	巡航速度	航続距離	撮影可能範囲
セスナ 208	10 名	300km/h	2000km	200km (400km)
セスナ 206	6 名	280km/h	1200km	150km (300km)
エアロコマンダー 680F	7 名	280km/h	1890km	230km (460km)

注 1) the world of aerial photograph (<http://www.photec.co.jp/html/study/study1.html>) 及び国土交通省国土地理院（2005）より編集

注 2) 撮影可能範囲は、往復の飛行時間を 1.5 時間、撮影時間を 3.5 時間として計算、（ ）内は途中で 1 回給油する場合で片道の飛行時間を 1.5 時間として計算

表6 GPS 連続観測システムの解析実施状況

解析の種類	解析結果	GPS の軌道歴	解析データ	間 隔	入手時間
最終解析 (F2)	F2 (最終解)	IGS 最終歴	24 時間	1 日	約 2～3 週間後
速報解析 (R2)	R2 (速報解)	IGS 速速報歴	24 時間	1 日	1 日後
迅速解析 (Q2)	Q2 (迅速解)	IGS 速速報歴	6 時間	3 時間	3 時間後

国土地理院ホームページ <http://www.gsi.go.jp/common/000043457.pdf> より

表7 災害の各段階と空中からの調査技術の適用（風水害及び地震災害の例）

解析の種類	平常時	災害時				
		発災時	発災直後	1 日以内	2～3 日以内	2～3 日以降
ビデオ画像	危険地域監視	発災位置情報の提供 ←被災地域の映像取得及び提供（夜間撮影含）→				
公共施設管理者 情報ニーズ		被害箇所及びその概況	被害内容の具体的な 把握（10m オーダー）	被害内容の詳細な把握 （航空写真等から計測）	被災箇所図作成（航空 写真計測または図化）	
空中写真	定期及び随時撮影、既 往災害空中写真保管	撮影の必要性把握のた めの災害状況の把握	災害状況把握のための撮影 （比較的小縮尺）			災害状況把握のための 撮影（比較的大縮尺）

建設省国土地理院ほか（1988）、建設省（1992）より編集

規則な地殻変動が続くことが予想されたので、その実用成果も余震による地殻変動が落ち着くと思われる半年以上先まで未定とされた。

空中写真撮影または航空レーザ計測の成果を図化等計量的に利用するには、実施時点の基準点（与点）の座標値が必要である。通常は、観測を先行して行い、与点の実用成果が改定された後に計算・整理を行えば、支障なく測量作業を実施することができる。しかし、今回の地震では、上記のように基準点の座標値は不規則に変動している可能性があり、半年後に改定された実用成果は、撮影または計測時点の座標値とは異なる可能性があった。

このような状況に対処するため、国土地理院は電子基準点の日々の座標値を計算し（表6）、提供していたが、その情報が十分普及しておらず、測量現場では対応に苦慮した。このような平常時の測量では不要な災害時特有の対応方法を関係者に周知しておく必要がある。

6. 今後の課題

6.1 緊急撮影成果の利用実態調査

近年、災害予警報の ICT 化、すなわち情報

の XML 化、画像情報の利用推進等が進み、併せてハザードマップの普及等防災対策のソフト化も進んでいる。このため、緊急撮影の成果の利用形態が変化することが予想される。

このため、成果が具体的にどのように利用されているか調査検討し、利活用の利便性を考慮した成果の作成、提供を行うことが必要である。

6.2 災害の進行と必要とされる情報の再整理

災害の進行時期別に空中から取得した情報としてどのようなものが要望されるかについては、前記総合技術開発プロジェクト「災害情報システムの開発」の検討過程において一応整理されている（表7）。また、その後も、同様の検討がいくつか行われている。

しかし、最近、高精度人工衛星データ、航空レーザ測量データなど新たな情報が出現し、従来不可能と思われて検討されなかった情報の利用が可能になっている。

このため、再度、災害の進行と必要とされる空中からの情報を整理する必要があると思われる。

表8 地方整備局等の防災ヘリコプター配備状況

運用者	愛 称	形 式	重 量	定置（実定置）	登録日	運 航
北海道開発局	ほっかい	Bell 412EP	5,400	朝日川越（丘珠）	96/02/02	朝日航洋
東北地方整備局	みちのく	Euro. AS332-L2	9,300	仙台	00/12/25	東邦航空
関東地方整備局	あおぞら	Bell 214ST	7,938	東京ヘリポート	88/02/09	朝日航洋
北陸地方整備局	ほくりく	Bell 412EP	5,400	朝日川越（新潟）	05/06/13	中日本航空
中部地方整備局	まんなか	Bell 412EP	5,400	名古屋	01/12/18	中日本航空
近畿地方整備局	きんき	Bell 412EP	5,400	神戸ヘリ（八尾）	96/03/08	中日本航空
四国地方整備局	愛らんど	Bell 412EP	5,400	朝日川越（高松）	06/07/18	四国航空
九州地方整備局	はるかぜ	Bell 412EP	5,400	朝日川越（福岡）	96/03/07	西日本空輸
沖縄総合事務局		Aeros.AS350-B3	2,250	東吉野村（米須）	03/01/29	中日本航空

アパルの飛行情報館（<http://www1.ka7.koalanet.ne.jp/ad3-apal/#top>）より編集

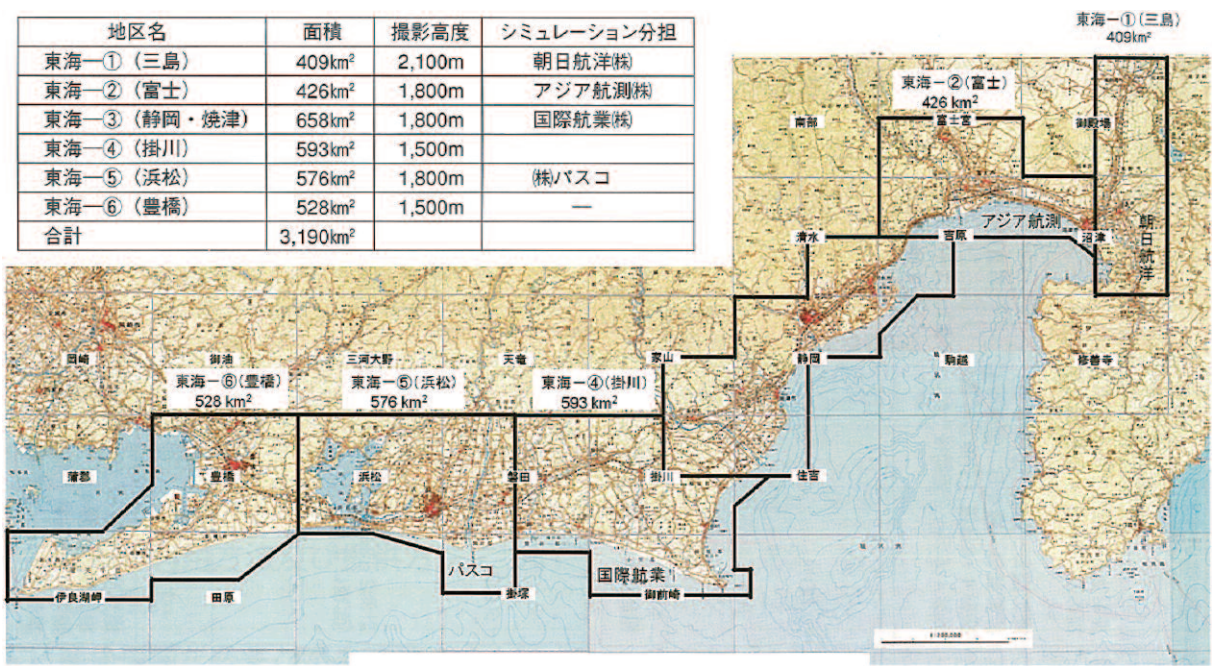


図6 東海地震を想定した緊急撮影の計画例／神前ほか（2006）より

6.3 固定翼航空機と回転翼航空機それぞれの
特長を生かした撮影計画

総合技術開発プロジェクト「災害情報システムの開発」の成果を踏まえ、各地方整備局に9機の防災ヘリコプターの導入が進み（表8）、相互融通も含めた総合的な運用が計画されている。これらは、災害発生時に主として情報収集の任務に就くことから、有力な情報収集手段になる。

固定翼航空機による緊急撮影についても、訓練のシナリオとして撮影計画が作成されたことがある（図6）が、この計画は、回転翼航

空機 の存在を 意識して いない。緊急撮影に従事できる固定翼機は、非専用機が約50機（2005年調査）であり、上記防災ヘリコプターの活動も空からの情報収集において大きな役割をもつ。このため今後、回転翼機の情報収集活動も勘案した固定翼機の撮影計画、例えば、大縮尺の斜め撮影は回転翼機に任せ、固定翼機は小縮尺広域撮影に専念するなどを検討しておく必要がある。撮影計画は具体的地域を想定して検討する必要があるが、「東海・東南海・南海3連動地震災害」等主要な災害想定が行われている地域を対象地域とす

ることが望ましい。

6.4 撮影基地の被災を想定した撮影計画

首都圏直下型地震が発生した場合、多くの撮影機の根拠地であり、データ処理施設も近傍に置かれていることが多い調布飛行場が使用不能になる可能性がある。その場合、他の飛行場を根拠地とするあるいは他飛行場に進駐していた撮影機で対応することになる。

ちなみに、緊急撮影登録会社の撮影機について、2011年9月1日における所在地を調査し、調布飛行場が被災して離陸できなくなった場合、首都圏の緊急撮影に参加できる撮影機数を調査したところ、7社11機であり、その分布は、八尾飛行場6機、花巻飛行場2機、庄内飛行場、新潟飛行場及び名古屋飛行場各1機であった。この場合、機種によるが、離陸後1～2.5時間程度で首都圏上空に到達し、1～5時間の撮影時間を確保できるので、撮影は可能と思われるが、首都圏以外の飛行場に帰還してデータ処理を行うので、比較的能力の低い装置でデータ処理を行うか、長時間かけて高能率のデータ処理装置の所在地までデータを陸送するなどの対応が必要になり、成果の提供には相当の時間を要することがわかった。

年間を通してどの程度の撮影機が首都圏の緊急撮影に対応可能か、月別平均的業務量等から推計しておく必要がある。また、推定された対応可能機による撮影計画、データ処理計画を立案しておく必要がある。

6.5 原子力発電施設の事故への対応

我が国は、原子力発電所の事故は起きないという前提で、社会機構が構築されてきた。しかし、安全性の説明は必ずしも科学的ではなく、今回の地震災害でそれが実証された。

空中写真撮影の分野でも同様に原子力発電

施設の事故対応は検討されてこなかった。対応方針については実施機関が自主的に判断すべきと思われるが、少なくとも事故にはどのような種類があり、それぞれ航空機の運航や空中写真の撮影活動にどのような影響を与えるかについては、今後、調査検討しておく必要がある。

このため、例えば、先進事例として米国連邦緊急事態管理庁(Federal Emergency Management Agency:FEMA)や米国環境保護庁(Environmental Protection Agency:EPA)の人為的・技術的危険への対応(危険物質, 放射性物質, 化学物質による事故, テロ)に関するガイドライン、研修資料等の調査が必要と思われる。

6.6 実践的な訓練の実施

関係者にシナリオを伏せた状態で実施し、関係者の対応によってシナリオが変化する訓練をロールプレイング訓練という。実地業務に近い環境での訓練であり、訓練効果が高い。

関係者の人事異動サイクルから見て長期間、緊急撮影の実務が行われなかった場合、実地業務での経験やノウハウが希薄になっているため、このような訓練を行うのが効果的と思われる。

訓練の実施のためには、前記撮影計画の検討結果を利用し、これに基準点成果の停止、飛行制限区域の設定、根拠地空港の被災などの要素を適宜加味して、訓練のシナリオを準備する必要がある。一般に、シナリオの準備そのものが一つの訓練になるともいわれており、国土地理院と測技協で連携して平常時に準備だけでも行っておくべきと思われる。

7. まとめ

緊急撮影及び緊急航空レーザ測量に関する協定の制定と運用基準等の経緯と現状を紹介

し、これに基づいてそれぞれ2回実施された東北地方太平洋沖地震に関する緊急撮影及び緊急航空レーザ測量の実態を整理した。

さらに、この地震災害が、今回の撮影、測量に及ぼした影響、制約として、原子力発電所の事故に伴う飛行制限、活動拠点となるべき仙台飛行場の被災、使用不能、成果の整理に必要な基準点成果の広域かつ長期間の停止について整理した。

その結果を踏まえ、今後の課題として、発災後の時系列に沿った撮影及び情報提供の内容検討、回転翼機の情報収集にも配慮した緊急撮影計画を想定されている災害毎に検討すること、多くの撮影機とデータ処理施設が集中する首都圏が被災した場合の緊急撮影の検討、原子力発電施設への対応の検討、ロールプレイング方式を取り入れた訓練の検討を指摘した。

以上のように、今回の地震災害で多くの課題が浮き彫りになったが、今後、関係各位と協力し、その解決に努めて参りたい。

■謝辞

緊急撮影は、事柄の性質上、突然作業が始まりそのまま深夜、翌朝まで作業が続くことが多い。緊急撮影等の登録会社の関係各位には、公私にわたって混乱した中で多大な協力をいただいた。国土地理院の関係各位にも同様の協力をいただいたほか、国土地理院の発想による業務の結果も一部本稿で報告されている。また、日本測量調査技術協会の方々にも多くの支援をいただいた。ここに記して謝意を表する。

■引用文献

- 1) 神前亘、佐藤浩二、鈴木寛、大山容一、品澤隆、堀野正勝、2006、大規模災害時における緊急撮影の実施に関する調査検討

作業、先端測量技術 92 号 pp.8-16

- 2) 建設省、1992、建設省総合技術開発プロジェクト災害情報システムの開発報告書 第Ⅱ巻基本技術編
- 3) 建設省国土地理院・建設省土木研究所・建設省建築研究所・財団法人国土開発技術研究センター、1988、災害情報システムの開発報告書
- 4) 国土交通省、2010、国土交通省総合技術開発プロジェクト高度な画像処理による減災を目指した国土の監視技術の開発総合報告書（国土地理院技術資料 C・1-No.400）
- 5) 国土交通省国土地理院、2004、デジタルオルソ作成の公共測量作業マニュアル（国土地理院技術資料 A・1-No.289）
- 6) 国土交通省国土地理院、2005、大規模災害時における緊急撮影の実施に関する調査検討作業報告書（国土地理院技術資料 C・1-No.338）
- 7) 国土交通省国土地理院、2006、災害時における緊急撮影運用マニュアル
- 8) 国土交通省国土地理院、2006、航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）作成マニュアル（案）（国土地理院技術資料 A・1-No.310）
- 9) 国土交通省国土地理院、2009、災害時における緊急撮影運用マニュアル
- 10) 測図部画像調査課、2010、災害デジタルオルソ作成作業マニュアル（案）
- 11) 林孝、2011、被災地の空中写真及び正射写真地図等の整備 国土地理院東日本大震災調査報告会資料（国土地理院技術資料 A1-No.363）