

東日本大震災による津波被災地の低空空撮

井上 公*・今井 弘*・佐藤正義*

Low-Altitude Aerial Photography of Tsunami Affected Areas by the Great East Japan Earthquake

Hiroshi INOUE, Hiroshi IMAI, and Masayoshi SATO

**Social System Research Department*

Disaster Risk Research Unit

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan

inoue@bosai.go.jp, imai@bosai.go.jp, m.sato@bosai.to.jp

Abstract

We carried out low-altitude aerial photographic survey of tsunami affected areas using a radio-controlled helicopter, a kite and a long rod, in Minamisanriku and Kesenuma of Miyagi prefecture and Rikuzentakata and Ofunato of Iwate prefecture. We also took photographs from cameras mounted on car roof in wider areas in Iwate, Miyagi and Fukushima prefectures. Approximately four hundred thousand still images and twenty hours of movies were taken and processed to attach coordinates of the shooting location. The pictures are archived and will be released to the local governments, researchers and general users on the Internet and DVDs. Low-altitude aerial photos have higher resolution than ordinary aerial photos, and overlooked and wider vision of the objects as compared with land-based photos. Low-altitude photography is a useful way of recording natural disasters.

Key words : Great East Japan Earthquake, Tsunami, Affected area, Photograph, Aerial Photography

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では岩手、宮城、福島の前3県を中心とする東北・関東地方の太平洋沿岸市町村で甚大な津波被害が発生した。我々は被害原因の究明のための基礎的な研究資料の作成を目的として、震災約1か月後から現地に入って東北各地の津波被災状況の写真撮影を行った。

今回の震災では災害発生の直後から、報道機関や警察・自衛隊等の行政機関により空からの映像が多数撮影された。また被災者自らによるものも含めて通常の地上での写真も数多く得られている。防災科学技術研究所ではこれらの画像を広く収集・整理し、後世に残すための試み「ALL311 まるごとアーカイブス」も行われている。我々の実施した写真撮影もその一環とすることができる。

2. 調査の手法と概要

飛行機やヘリコプターによる通常の航空写真撮影では

航空法により安全性確保のために最低飛行高度が居住区域では300m、非居住区域では150mに制限されているため、対象物にあまり近づいた撮影はできない。我々の試みた高度数メートルから数十メートルの低高度からの空撮は、通常の航空写真では得られない被写体の高い解像度と、地上からの写真では得られない上方からの視線や広い視界が特長である。通常の航空写真より簡便で経費もかからないため、今後の災害調査の基本的な手法となりうる。

2.1 低空空撮の手法

我々はまずラジコンヘリコプターを用いた津波被災地の空撮を行った。当初は自律飛行体による空撮も検討したが、地形・風向が複雑で、かつ救援・復旧活動が進行中の被災地では、安全性と効率性の観点から一般的な目視・手動制御によるラジコンヘリコプターが適していると判断した。機体には協力会社であるスカイトライアル社所有のヒロボー社製スカディ50型(8ccグローエンジン

*独立行政法人 防災科学技術研究所 社会防災システム研究領域 災害リスク研究ユニット

ン、航続時間12分間、最大ペイロード3kg)を使用し、操縦もスカイトライアル社に委託した(図1)。

ラジコンヘリに加えてラジコンパラグライダー(ゼノクロス社製 PPG2)による撮影も一部試みた。ヘリに比較して風に弱い操縦が比較的容易で速度も遅いため安全である。



図1 ラジコンヘリによる空撮(宮城県南三陸町)
Fig. 1 Aerial photography by RC helicopter in Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture.

次に、さらに安全な飛行体として凧を用いた。カイトフォトグラフィーと言われるこの手法は趣味の空撮として愛好者も多く、各種の調査にも活用された例がある。欠点は風が必要なことと撮影位置が風向に左右されることである。今回の被災地は海岸地域のため多くの場合十分な風が得られた。我々はスレッドカイトと呼ばれる骨のないタイプの凧を釣竿と電動リールで操作した(図2)。釣竿と電動リールは、凧の離陸時と回収時の操作、および風力の低下や風下へ移動する時の凧の高度低下を防ぐために有効である。



図2 凧を用いた空撮(岩手県大船渡市)
Fig. 2 Aerial photography by kite in Ofunato-shi, Iwate Prefecture.

次に、飛行体ではなく地上からの支えによる低空空撮として、竿を用いた撮影を行った(図3)。これは長さ6~10mの竿の先にカメラを取り付けただけのものである。竿には電気工事等で使われるカーボンファイバー製の多段伸縮竿を用いた。10mの竿は支えて歩くのに腕力が必要であるが、6mの竿は簡便である。竿カメラでは主として低層建物の被害状況を撮影した。



図3 竿を用いた空撮(宮城県南三陸町)
Fig. 3 Aerial photography by rode in Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture.

最後に、ワゴン車の屋根にとりつけた高さ約2mのポールによる撮影を試みた(図4)。視点の地上からの高さは竿カメラよりもさらに低く4m弱と、2階建て観光バスの屋根と同程度である。竿カメラ同様、飛行体は使用せず、高度も低いので空撮と呼ぶには異論もあるが、徒歩による地上撮影や車窓からの撮影では得られない広い視野を容易に得られ、広範な地域の撮影ができる。我々の用いた車載ポールは市販の塩ビパイプ等を用いて自ら製作し



図4 車載カメラを用いた撮影(宮城県南三陸町)
Fig. 4 Aerial photography by vehicle top camera in Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture.

た。被災地では垂れ下がった電線や樹木等の障害物を避けるために車内からのロープの操作でポールを後方に倒せるよう工夫した。なお、ポールを立てた状態で走行するため、撮影には警察署の許可が必要となる。地上 3.8 m 以上になると国交省道路事務所の許可が必要で、障害物も多くなり現実的ではない。調査の後半は、警察の許可を省略するためにポールを倒して屋根よりも少し高い位置からの撮影を多く行った。

2.2 使用カメラと位置情報

ラジコン、凧、竿等による低高度からの写真撮影は昔から行われている技術であるが、それを災害調査により簡便に活用できるようになったのは、もっぱらデジタルカメラの機能向上や軽量化によるところが大きい。今回我々が用いたカメラは、モータースポーツやアウトドアスポーツの動画撮影用にデザインされた小型軽量超広角防水ビデオカメラ GoPro HD である(図 5)。対角 170° の広画角、500 万画素の静止画と、対角画角 127° のフルハイビジョン動画撮影ができる。重量は電池と防水ケース込みで 170 g であり、ラジコンヘリコプターや凧に装着し、静止画はシャッターの操作は行わず一定間隔での連続撮影を行った。凧への装着時はカメラを 1 本の糸でつるして自然に回転させて全景を撮影した。車載カメラの場合は 2 台用いて道路の左右を撮影した。



図 5 ラジコンヘリに搭載した 2 台の防水魚眼カメラ (GoProHD, 静止画用と動画用)

Fig. 5 Two waterproof fish-eye cameras (GoPro HD for movie and still) mounted on the RC helicopter.

1 ~ 5 秒間隔で連続的にシャッターを切るため、撮影される静止画像(約 2 MB/枚)の数は 1 日数千枚にのぼるが、16 あるいは 32 GB の大容量メモリーカードを用いたため、休憩時間にカードを交換する程度で済んだ。

撮影された大量の写真を効率よく利用するためにはそれぞれに位置情報が付加されていることが不可欠なため、小型軽量の GPS ロガー、PhotoMate887 (重さ 18 g) をカメラとともにラジコンヘリや凧に搭載して撮影を行った。毎日の撮影作業終了後、GPS ロガーに記録された位置と時刻を元に、静止画 1 枚 1 枚の写真に位置情報を付加す

る作業を行った(図 6)。また、カーショップで売られているボール型の方位磁石を画面の一部に写し込む方法により、撮影位置だけでなくカメラの方位も記録した。

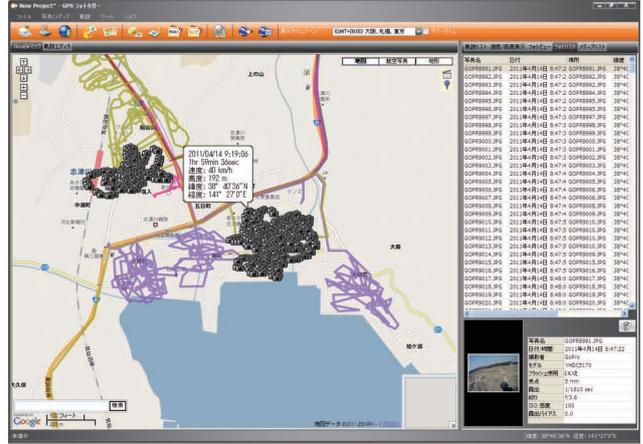


図 6 GPS ロガーによる撮影位置の記録

Fig. 6 Locations of photographs recorded by GPS.

3. 調査結果

震災発生から約 1 か月後の 2011 年 4 月 12 日から 8 月 22 日までの約 4.5 か月間に、延べ約 40 日間、主として宮城県北部から岩手県南部の地域で撮影調査を実施した。表 1 に調査地域と撮影枚数(動画は時間)概要を示す。静止画の大半は車載カメラによる。この枚数は整理前のものであり、無駄な画像を削除すると半数程度になる。図 7 ~ 図 18 に撮影された画像の一部を例示する。その他の地域は北は岩手県久慈市から南は福島県いわき市までを含む。

表 1 調査地域および撮影量

Table 1 Survey areas and amount of pictures.

地域	動画 (分)	静止画(枚)				静止 画計
		RC ヘリ	RC ヘリ	凧	竿	
南三陸	806	32,607	133	1,517	63,144	97,401
気仙沼	429	15,968	3,511	88	53,607	73,174
高田	0	0	3,837	4,659	32,358	40,854
大船渡	0	0	1,227	1,239	19,118	21,584
石巻	0	0	2,166	0	18,319	20,485
女川	0	0	0	8,320	5,458	13,778
その他	0	0	0	0	122,306	122,306
合計	1,236	48,575	10,874	15,823	314,310	389,582



図7 宮城県南三陸町志津川(4/13 RCヘリ)
Fig. 7 Shizugawa, Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture
(April 13 by RC helicopter camera).



図10 宮城県南三陸町志津川(4/13 RCヘリ動画)
Fig. 10 Shizugawa, Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture
(April 13 by RC helicopter movie).



図8 宮城県南三陸町志津川(4/13 RCヘリ)
Fig. 8 Shizugawa, Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture
(April 13 by RC helicopter camera).



図11 宮城県気仙沼市本浜町(5/16 凧カメラ)
Fig. 11 Motohama-cho, Kesenuma-shi, Miyagi Prefecture
(May 16 by kite camera).



図9 宮城県南三陸町歌津(4/12 RCヘリ)
Fig. 9 Utatsu, Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture
(April 12 by RC helicopter camera).



図12 岩手県陸前高田市高田町(6/19 凧カメラ)
Fig. 12 Takata-cho, Rikuzentakata-shi, Iwate Prefecture
(June 19 by kite camera).



図 13 陸前高田市市民体育館 (6/10 竿カメラ 10 m)
Fig. 13 Public gymnasium of Rikuzentakata-shi (June 10 by 10 m pole camera).



図 16 宮城県南三陸町歌津 (4/24 車載カメラ 3.8 m)
Fig. 16 Utatsu, Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture (April 24 by vehicle top camera).



図 14 女川町の転倒した RC 建物 (7/7 竿カメラ 10 m)
Fig. 14 Tumbled RC building in Onagawa-cho, Miyagi Prefecture (July 7 by 10 m pole camera).



図 17 宮城県気仙沼市本吉 (4/29 車載カメラ 3.8 m)
Fig. 17 Motoyoshi, Kesenuma-shi, Miyagi Prefecture (April 29 by vehicle top camera).



図 15 宮城県南三陸町袖浜 (4/13 車載カメラ 3.8 m)
Fig. 15 Sodehama, Minamisanriku-cho, Miyagi Prefecture (April 13 by vehicle top camera).



図 18 陸前高田市気仙町 (6/11 車載カメラ 3.8 m)
Fig. 18 Kesen-cho, Rikuzentakata-shi, Iwate Prefecture (June 11 by vehicle top camera).

4. 考察と課題

現在、撮影された合計約40万枚の静止画と約20時間分の動画を、無駄な画像や住民のプライバシーを侵害する恐れのある画像を取り除くなど、公開に向けて作業中である。撮影調査および画像の整理作業を通じて明らかになった課題を以下に記す。

調査の安全性は常に最優先課題である。今回利用したラジコンヘリコプターは機体も高性能で、熟練した者が操縦したため調査の効率は高かった。しかし強風などの悪条件によりそれでも不時着が発生した。万一の事態でも住民や救援者の身体や財産に危害をあたえないためには、調査の効率を犠牲にしてでもパラグライダーのような軽量・低速でより安全な機体を選択したほうがよいと思われる。後半は反対に、自由度が少なく効率は悪いきわめて安全な風を撮影に用いた。安全な飛行体にはそのほか気球も利用可能であり、今回の調査でも準備はしたが、使用する機会は得られなかった。気球は風とは逆に風が弱い場合に適しているため、風との併用が望ましい。更に安全な手法として、高さ6mおよび10mの竿カメラも用いた。竿カメラは簡便で安全に疑似的な空撮を行うことができる。特に低層建物の被災状況の撮影には有用で、建物の地震被害調査の標準的なツールとなってもおかしくない。

今回撮影に用いたGoPro HDはスポーツ記録用のカメラであるが、明るく解像度の高い超広角固定焦点レンズ、軽量さ、防水性、インターバルタイム内蔵などの点で、小型飛行体を用いた低空空撮に適している。撮影位置情報の記録には小型のGPSロガーPhotoMate887を用いたが、枚数が膨大なため撮影後の位置情報付加作業に時間を要した。より効率的な処理方法またはカメラへのGPSの搭載が望まれる(GoPro用GPSは2011年12月現在未発売)。方位の記録には今回はカーショップで売られているボール型方位磁石を画面に映し込む方法を用いたが、精度はあまりよくない。特に車両の振動は磁石の固有周期と近く、揺すられてくるくる回転してしまう。位置と同様に

デジタル方位センサーの情報を付加できるシステムが望ましい。また今回のように移動しながら撮影した動画に時々刻々と位置情報を付加する技術や、そのような位置情報付き動画の利用技術も開発が望まれる。

しかし我々の直面した最も大きな障害は実は、自ら目指したはずの画像の大量さにあった。上述の位置情報付加ソフトウェアも一般的な画像整理ソフトウェアも、数万枚を超える数の画像を効率よく処理・閲覧するようには設計されていない。今後のWebによる公開の際も、地図上の位置表示やサムネイル表示に工夫をしないと重くて使いにくいシステムになってしまうであろう。このため公開作業が遅延したことは反省点である。

5. まとめ

2011年3月11日に発生した東日本大震災による被災地において、各種手法を用いて低い高度からの写真撮影を行い、約40万枚の静止画と約20時間の動画が得られた。画像は現在編集作業中であり、近日中に公表する。

今後も将来の災害軽減のための研究資料作成および災害記録の手段として、各地で起こり得る災害をこのような低高度からの空撮手法によってくまなく記録してゆることが望まれる。より効率的な調査のためのそれぞれの撮影手法の改良と、データの整理・公開手法の改善とともに、撮影された画面上の対象物の位置情報の抽出や3次元モデル化などを簡便に行える技術の開発も望まれる。

謝辞

三重大学工学研究科建築学専攻の中谷朱希・小柳津菜都美・花里紗知穂の各氏、日本赤十字社辻佳輝氏、NPO法人SNS国際防災支援センター大久保信寛氏、防災科学技術研究所御子柴正氏には写真撮影に協力していただいた。

(2011年12月27日原稿受付,
2012年1月4日改稿受付,
2012年1月4日原稿受理)

要 旨

2011年3月11日に発生した東日本大震災による被災地のうち宮城県南三陸町、気仙沼市、岩手県陸前高田市、大船渡市において、ラジコンヘリコプター、風、竿等を用いて低い高度からの被災状況の写真撮影を行った。また岩手、宮城、福島3県のより広い範囲において車載カメラを用いた写真撮影を行った。その結果合計約40万枚の静止画と約20時間の動画が得られた。得られた画像にはすべて位置情報が付加されアーカイブされた。今後インターネットやDVD等で地元自治体、研究者、一般の利用に供する予定である。低高度から撮影された写真は通常の航空写真では得られない高解像度と、地上写真では得られない視線と広い視界が得られ、自然災害の記録に有効である。

キーワード：東日本大震災、津波、被災地、写真、空撮