

## ドローンによる残存者探索を組み込んだ津波避難訓練の取り組み -2019年福島県いわき市薄磯区の事例-

杉安和也 (東北大学災害科学国際研究所)

高橋秀幸 (東北学院大学教養学部)

横田信英 (東北大学電気通信研究所)

橘一光 (福島工業高等専門学校都市システム工学科)

松本行真 (近畿大学総合社会学部)

### 1. はじめに

地震発生直後に、津波の襲来が想定される場合、消防団・自治会役員・駐在員等の防災役職者らは、地区内に逃げ遅れた残存者がいないか見回り業務(残存者確認)を担う場合がある。しかしこれは防災役職者自身が津波に巻き込まれる二次被害のリスクが伴う。筆者らは、この課題を解決するべく、福島県いわき市薄磯区を対象に、同区の薄磯区会・薄磯区復興協議会・消防団と連携しながら、2017年度より同地区の津波避難訓練の企画運営支援を行っている。薄磯区を含めた福島県いわき市における東日本大震災からの復興事業は、防潮堤・防災緑地による二線堤の整備、集団移転・高台移転により、居住地の安全性を確保するというものである(図1)。これは、居住地への津波の侵入を防ぐ一方、高台移転地と沿岸部との間で、互いを直視することを妨げることもつながっている。この構造が、防災役職者の目視による残存者確認業務を困難とし、沿岸部から観光客が避難行動を取る際に、避難目標地点を目視できないといった課題も生み出している。この課題の解決方法のひとつとして、筆者らはドローンによる残存者探索の可能性を探求している。本稿はその3年目の取り組みにあたる2019年10月26日に同地区にて開催した津波避難訓練の結果について、報告を行うものである。



図1 2019年度 薄磯区避難訓練の概要図

### 2. 二次被害リスク回避の方策

地震発生直後における残存者確認での二次被害リスクを回避するには、いくつか方策が考えられる。1つは「自助の考えに基づき、各自で避難行動をとる(残存者確認を行わない)」と、地区内で申し合わせることである。対象地区においては、津波の襲来予測時間に依存するものの、「共助の考えに基づき、防災役職者や住民同士が避難を呼びかけながら、安全な場所まで集団避難を行う」こととしている。これを後押しするための取り組みとして、初年度(2017年)では、安否確認時間の短縮のため、避難する場合には玄関に「避難済みサイン」を掲示するという地区独自のルールを設けた。また、次年度(2018年)には、車椅子利用の身体障害者や観光客の存在を想定し、ドローンを通じて沿岸部の逃げ遅れ(残存者)の確認と避難呼びかけを行い、残存者自身に徒歩避難(車いすでの移動)を促す取り組みを行った<sup>2)</sup>。この2018年の

\* Action of the tsunami evacuation drills focus on searching remains used by UAVs –Case study at 2019 usui iwaki city fukushima- by Kazuya Sugiyasu, Hideyuki Takahashi, Nobuhide Yokota, Ikkoh Tachibana, and Michimasa Matsumoto

取り組みは、防災役職者が沿岸部に近づく必要がない想定シナリオであり、最も二次被害リスクが低い施策である(図2)。これらの取り組みを通じて、今年度(2019年)においては、ドローンを通じて沿岸部の逃げ遅れ(残存者)の確認と避難呼びかけを行うが、残存者に自力避難が困難であり、消防車両による救出を行うという取り組みを行った(図3)。

これはドローンによる事前確認を行うことで、残存者がいなければ防災役職者にとっての二次被害リスクが最小化できるとともに、残存者がいた場合も、訓練を通じて救出に向かった場合の所用時間をあらかじめ把握できるため、実際の災害発生時の救出の可否判断の材料となることが期待できる。

この安否確認の手段として、ドローンを活用することには二次被害リスクの回避以外にもいくつかの利点がある。1つは、防災緑地・防潮堤等により各所に死角が生じていても、ドローンであれば任意の場所での観測が可能である。もう1つは通信障害や停電が生じたとしても、事前の充電が完了していれば、直線距離にして2km以上離れた地点の動画をリアルタイム伝送することが可能である。

### 3. 訓練の方針

2019年における訓練では、「午前8時05分に地震が発生し、大津波警報が発令され、30分後(午前8時35分)には津波が到達する」という想定のもと、徒歩・自動車避難の手段に関わらず「約10-15分間での避難完了」を目標とした。この住民の避難訓練と並行して、ドローン(DJI社製MAVIC2,最大待空時間29分の機体を使用)による安否確認と消防団による残存者ピックアップ訓練を実施した。訓練の流れは以下の通りである。

- ①8:05 「防災サイレン鳴動」(訓練開始)、「消防団(消防車)による巡回」「ドローンによる残存者確認」開始
- ②8:05-8:07 「沿岸部での残存者の有無をドローンの中継動画経由で確認」  
→「残存者“有”の場合、巡回中の消防車に沿岸部への急行・残存者救出を指示」
- ③8:07-8:12 「消防団(消防車)が沿岸部へ急行、残存者の救出を行う」※残存者役は2名配置
- ④8:12-8:15 「残存者を消防車に同乗させ、沿岸部から避難場所まで移動(避難)する」



図2 2018年度 薄磯区避難訓練の概要図

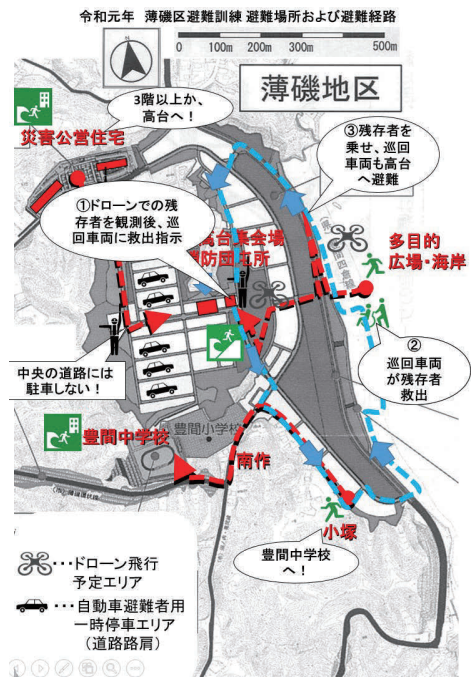


図3 2019年度 薄磯区避難訓練の概要図

なお、本訓練においてドローンを運用するにあたり、以下のような状態での事前準備、運用上の注意を払っている。

- (1) 本訓練上では消防車は出庫済み、ドローンも起動済みの状態で訓練を開始しているが、実際の災害時には消防団屯所に常駐人員が2名いたとして、この準備に3-5分程の時間が別途生じると想定される。
- (2) 本訓練では、ドローン操縦者役と、ドローンから送信される映像から残存者を判断する観測者役をそれぞれ別の人員が担ったが、人員が不足する場合は、この2役を1人で担う必要がある。なお、ドローンの高解像度画像を活用するべく、映像による残存者確認には、電気自動車からの給電によって可動する大型モニターでの目視確認を行っている。これは停電化での機材運用デモンストレーションを兼ねたものである(図4)。
- (2) 防災緑地・防潮堤による死角によって、避難場所(屯所の位置する高台移転地)から沿岸部は直視できない。国土交通省の定める「無人航空機(ドローン・ラジコン機等)の飛行ルール」では、地方航空局長の承認を得た場合を除き、「目視(直接肉眼による)範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること」としている<sup>3)</sup>。よってドローンは沿岸部の残存者確認のためには住宅・電線・直下に第三者がいないこと等に注意しつつ、防災緑地・防潮堤のほぼ上空で飛行させる必要がある。この飛行方法の場合、沿岸部の特定箇所近づいて確認することが難しく、搭載カメラに拡大・縮小機能を持つ機種を選定した方が望ましい場面も生じうる。本訓練での運用機体は、同機能は非搭載であった。
- (3) 本訓練での沿岸部は、高台移転地からは約250mの距離にある。この距離を運用する際、操縦者にとっても、残存者にとってもドローン本体は見失いやすい。このため、目印となる誘導旗や、ビーコン等を取り付けることが望ましい(図5)。
- (4) 沿岸部での残存者の位置を、正確に無線指示が可能とするよう、沿岸部の名称区分をあらかじめ定め、ドローンのよる観測者と巡回車両での見回り担当者との間で共有しておくことが望ましい(図6)。



図4 ドローンの空撮画像をリアルタイム投影  
(電気自動車による独立電源供給デモも平行実施)

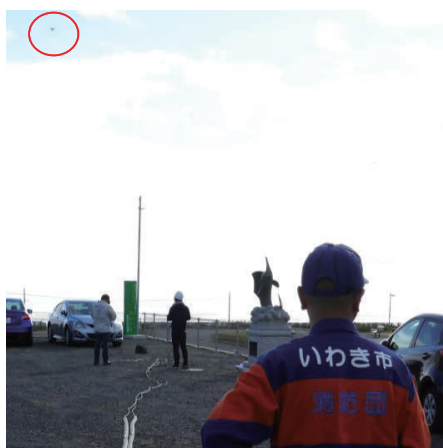


図5 残存者観測中のドローン(図中の赤丸)



図6 沿岸部の位置関係確認用地図の例  
(本訓練での試用物)

#### 4. 訓練結果

上記のシナリオに沿って、訓練を実施した結果、沿岸部の別々の場所に配した残存者2名をピックアップし、避難場所に到着するまでに要した時間は約11分(8:16到着)であった。事前のドローン・巡回車両の準備時間を仮に5分程度と見込むと、同地区においては約16分程度が残存者確認・救助までに要する活動時間となる。なお、今回の地区内での徒歩避難者は、10分から20分の範囲でおおよそ避難を完了している。これは観光客の少なく、自動車避難者渋滞が生じる心配の少ないローシーズンでの実験という前提条件が付くものの、早々に残存者の位置把握ができれば、徒歩避難と大差ない所用時間で、沿岸部への自動車での救出活動が可能ということである。

一方で観光客の多いハイシーズンを想定した場合、沿岸部へ消防車で救援に向かうことは、現実的ではない可能性が高い。そのような状況下の場合、ドローンを残存者確認にのみ運用したが、残存者自身が自力避難可能であれば、そのままドローンを介して避難誘導を図ることも可能である。しかし、自力避難ができない残存者がいた場合は、他の観光客に救援援助を依頼するなど、別の手段を検討する必要がある。加えて今回は早朝8時の明るい時間帯での訓練となったが、夜間での状況を想定する場合は、目視確認はより難しくなるため、赤外線カメラでの探索の可能性を考慮する必要があるだろう。図7は、本訓練中にドローンに搭載した可視光線カメラと赤外線カメラで、それぞれ残存者を撮影した際の画像である。こうした課題の解決も含め、引き続き同地区と連携しながら、多角的な避難行動支援施策について、今後とも検討していきたい。



図7 ドローンに搭載した可視光線(左図)/赤外線(右図)カメラでの残存者観測

謝辞： 本研究の一部は、JSPS 二国間交流事業共同研究、JSPS 科研費 18KT0011、東北大学2019年度若手研究者アンサンブルグラント「次世代通信規格による日常・非常時の横断的運用を想定した定点観測防災IoT機器開発に関する共同研究」の助成を受けたものです。また、実証実験の実施に際し、ご協力をいただきました福島県いわき市薄磯区の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献: 1) 杉安和也, 班目佳小里, 松本行真 2016 年福島県沖地震津波時における福島県いわき市内沿岸自治会の避難状況とその後の津波避難施策の検討, 東北地域災害科学研究 No.54, p263-266  
 2) 杉安和也, 高橋秀幸, 横田信英, 片山健太, Garcia Fry MARTIN, 橘一光, 小野寺清美, 菊地弘幸 東日本大震災被災地における復興事業完了後の津波避難訓練の取り組みー 2018 年福島県いわき市薄磯区の事例ー, 東北地域災害科学研究 No.55, p221-224  
 3) 無人航空機(ドローン・ラジコン機等)の飛行ルール, 国土交通省 [https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html) (閲覧日 2020 年 1 月 13 日)