

災害時の最適な避難経路を示すためのドローンを用いたシステム

(SEN) の作成

和歌山工業高等専門学校環境都市工学科 准教授 横田恭平

1. 背景・目的

日本は地理的・地質的条件から自然災害のリスクが極めて高い国である。四方を海に囲まれ、国土の多くが山岳地帯であり、河川は急勾配であることから、洪水や土砂災害の危険性が常に存在する。また、日本列島には多数の活断層やプレート境界が分布し、全国どこでも地震が発生する可能性がある。特に、今後 30 年以内に南海トラフ地震や首都直下地震が発生する確率は約 70%とされており、甚大な被害が想定されている。さらに、気候変動の影響により台風や豪雨が激甚化・頻発化し、毎年のように全国各地で大規模な水害が発生している¹⁾。これらのことから今まで以上に防災・減災対策を施していく必要がある。

しかし自然災害の発生頻度が高い国であるにもかかわらず、防災や減災に対する意識が十分ではない状況が見受けられる²⁾。内閣府が令和 4 年の 9 月 1 日から 10 月 9 日にかけて行われた「防災に関する世論調査」によると、「自然災害への対処などを家族や身近な人と話し合ったことの有無」については、1,791 人中、36.9%の約 660 人が話し合いを行っていないと回答した。その主な理由は、「話し合うきっかけがなかったから」が 58.1%、「自分や家族、身近な人の身の回りで自然災害が起きたとしても、家族や身近な人とすぐに連絡が取れると思うから」が 20.3%、「話し合う時間がなかったから」が 18.0%という結果であった（複数回答）。次に「防災訓練への参加、または見学の有無」については、1,791 人中、37.5%の約 670 人が参加、または見学をしたことがないと回答した。その理由は、「具体的な日時・場所、申し込み方法がわからないから」が 38.3%、「時間がなかったから」29.2%、「特に理由はない」が 21.9%、「関心や興味がなかったから」が 15.6%であった（複数回答）。「特に理由はない」や「関心や興味がなく」で多くの回答があったことから、防災に対する意識が低い状況が確認できる。

近年、日本国内における日本人国内観光客や外国人観光客は年々増加傾向にある。国内の防災意識が不足している中、観光先においても防災のことを周知させることは非常に困難である。実際、観光者を対象としたアンケートによると観光者の 8 割以上が観光地での避難場所の知識がないと回答しており（図-1）、被災リスクを考えたことがあるかという質問に対しては、約 7 割の観光客が考えたことがないと回答して

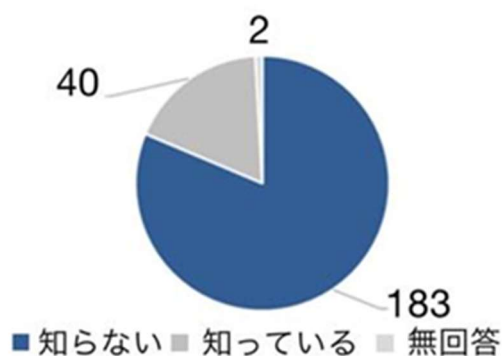


図-1 避難場所知識に関する回答[人]

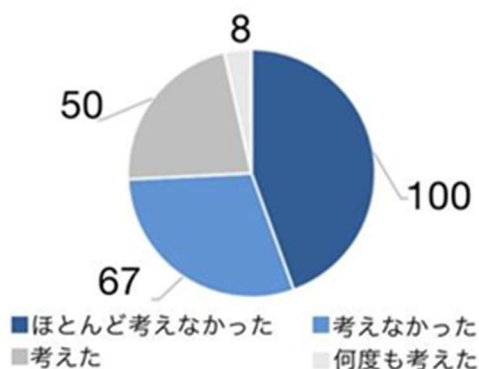


図-2 被災リスク認知に関する回答[人]

いる(図-2)³⁾。和歌山県の観光地である白浜町で行われたテレビの街頭インタビューでも避難場所を知らないという意見があげられていた⁴⁾。

このような人々は観光中に被災した場合、土地勘がなく避難すべき場所がわからない、その土地の災害特性の知識が乏しい、などの要因から災害の被害が大きくなる可能性が高くなると考えられる。これらの人々に対しても分かるような避難方法を提案する必要がある。その対策として2015年から白浜町では、観光客に対しての避難訓練を行うようになった⁵⁾。しかしながら、この避難訓練は毎日行われるものではないため、日々異なる観光客が訪れる観光地においては、避難訓練を実施した日に訪れた観光客にしか効果がない。白浜町の避難訓練に参加した人に調査した結果、避難訓練参加者の半数が「避難看板などから避難場所までへのルートがすぐにわからなかったと回答している。このことから、避難訓練を通じて避難経路を確認しておくことは非常に重要といえる。

以上のことから、観光地は「観光客が観光地の避難場所を知らないこと」と「土地勘のない不特定多数の観光客への防災対策の難しさ」という2つの課題をかかえている。毎日異なった不特定多数の人が訪れる観光地の特性から、事前にすべての観光客に避難場所までの経路を教えるという事は不可能に近い。よって、事前に避難場所の経路を教えることも重要であるが、災害が起こった時に素早く、正確に、わかりやすく観光客を避難場所へと案内できる「事後対策型」の防災設備を設置する方が有用であると考えられる。この「事後対策型」とは、現在の防災対策の主流である、「避難訓練」や「ハザードマップ」などの事前に避難場所を教えるという「事前対策型」と異なり、災害発生直後に避難場所を教え、そこまで案内するという全く新しい発想である。「事前対策型」では、全ての避難場所の経路を把握することは不可能である。私たちは通学や通勤、旅行など様々な理由で毎日多くの移動を行っており、その移動中に地震などの災害が発生することは十分にありえることであり、避難場所を知らない場所で被災した場合、「事前対策型」では対応することができない。対して「事後対策型」は災害発生直後に避難場所を教えるので、事前に避難場所の知識をつける必要がなく、避難場所を把握していない場所でも対応することができる。特に、観光地などの避難場所を把握しにくい場所で大きく活躍する。また、少子高齢化が進み、物事を覚えにくい高齢者が多くいる現代社会において、高齢者に避難場所を覚えてもらうことは難しいことであり、避難場所を覚える必要がない「事後対策型」は現代社会に適した、新しい防災の形だといえる。

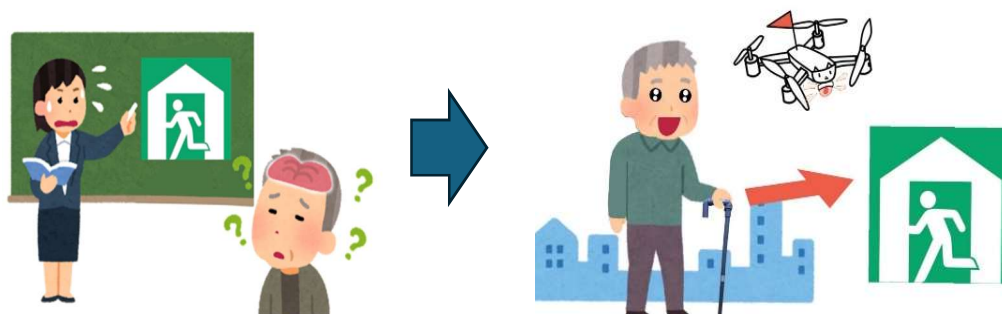


図-3 「事後対策型」導入前後の高齢者の比較

その設備として考案したのが「SEN (Sky Evacuation Navigator)」である。「SEN」は災害の発生を検知すると、ドローンが自動で飛行を開始し、避難場所まで案内するシステムである。これまでの災害時の情報収集方法としては、人工衛星による地形情報の取得や有人ヘリによる撮影があげられるが、広範囲の被災状況の把握と人の搜索が主目的であり、前者ではリアルタイム性や詳細情報の取得が、後者では運用コストや2次災害の危険性が課題であった。そのため、小型で解像度の高いカメラを有し、比較的lowコスト

トで運用できるドローンの活用が研究されている。久保らは要配慮者の避難を想定した避難支援システム構築に関する基礎的研究として、自律飛行ドローンを用いた避難誘導・監視に関する実験を行い、有用性を確認している⁶⁾。鈴木らは地震火災時において、避難場所に誘導するリアルタイム避難誘導の必要性を指摘し、避難リスクの評価及び低減方策について数理的なモデル化を行い、シミュレーションモデルによる実験の下、避難誘導による避難リスクの低減効果を明らかにした⁷⁾。鈴木らは人とドローンによる移動を協調させることで、地域自治体に根差したドローンによる避難者の誘導支援法について提案し、シミュレーションにて検証した⁸⁾。このようにドローンを活用した避難誘導に関する研究は、被害拡大の抑制や速やかな復旧・救援活動のために行われている。さらに永井らは今後の外国人観光客の避難誘導の一助となる知見を得ることを目的とし、アンケートによって観光施設等では「人による避難誘導」「標識等サイン整備」を行うことが重要であり、“Safety tips”の普及が大切ということを示している⁹⁾。大窪らは観光地において一斉に避難する震災時を想定し、避難シミュレーションモデルを用いて避難経路の検討を行っている¹⁰⁾。このように観光客を対象にした避難誘導の研究もある。しかし観光者を対象とし、ドローンを用いた避難誘導の研究は少ない。

以上の背景より、本研究の目的は、「観光客が観光地の避難場所を知らない」と「土地勘のない不特定多数の観光客への防災対策の難しさ」という 2 つの観光地の課題を解決するため、災害発生後に避難場所まで案内するという、新しい防災の形である「事後対策型」の方法を提案することである。そして、「事後対策型」の防災対策のモデルケースとして「SEN」を世間に浸透させ「事後対策型」の防災対策の一部となるようなシステムを構築する。

2. 方法

DJI Mavic 3 Pro (DJI 製、機体サイズ 400mm、400mm、100mm) (写真-1) というドローンを購入し、自動飛行検証、現地調査、避難誘導所要時間測定、「SEN」適正運用地調査の 4 つの検証を行い、「SEN」の運用が可能かどうかの検証を行った。内閣府の「政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について」¹¹⁾ より、飛行・撮影情報の外部への漏洩や、他人の機体の乗っ取りといった、サイバーセキュリティ上の懸念について、十分な対応策を講じることが必要とされ、市街地を飛ばすには内閣府が購入を推奨している国内産のドローンを購入する必要がある。しかし、予算の都合上国内産のドローンを購入することができず、市街地を飛行させることができないため、自動飛行検証及び避難誘導所要時間測定は和歌山高専内の校庭で、現地調査はドローンを飛行させず、歩いて調査を行った。



写真-1 DJI Mavic 3 Pro

2-1. 調査地の特徴

本研究の対象は和歌山県にある高野山、白浜町、新宮市とする（図-4）。これらは和歌山県内でも観光客が多い地域である。高野山（和歌山県伊都郡高野町高野山）については、標高約 1,000m 級の峰々に囲まれた山上盆地に広がる、1200 年以上に渡り多くの人々の信仰を集め発展した宗教都市である。あたりは林に囲まれ、自然に恵まれた土地であるが、土砂災害のリスクがある。また、12 月ごろから積雪が激しく、非常に寒冷な土地である。2014 年度には 1,414,668 人もの観光客が訪れ、その内 54,511 人が外国人観光客であった¹²⁾。

次に白浜町（和歌山県西牟婁郡白浜町）は、和歌山県南部に位置し、美しい海岸線を有し、「日本の快水浴場百選」にも選ばれている海水浴場の白良浜があり、さらには温泉も有名である。温暖な土地で風が強く、さらに海岸部に位置するため津波の被害を大きく受ける恐れがある。2019 年度には 1,017,000 人もの観光客が訪れ、その内 74,000 人が外国人観光客であった¹³⁾。

最後に新宮市（和歌山県新宮市）については熊野川の河口部に位置し平野の広がるエリアと山間部が共存している土地であり、熊野速玉大社や神倉神社、阿須賀神社などが有名で、熊野信仰の中心地で多くの観光客が訪れる場所である。直接的な津波被害は比較的少ないが、熊野川の津波遡上による浸水被害が想定されている。

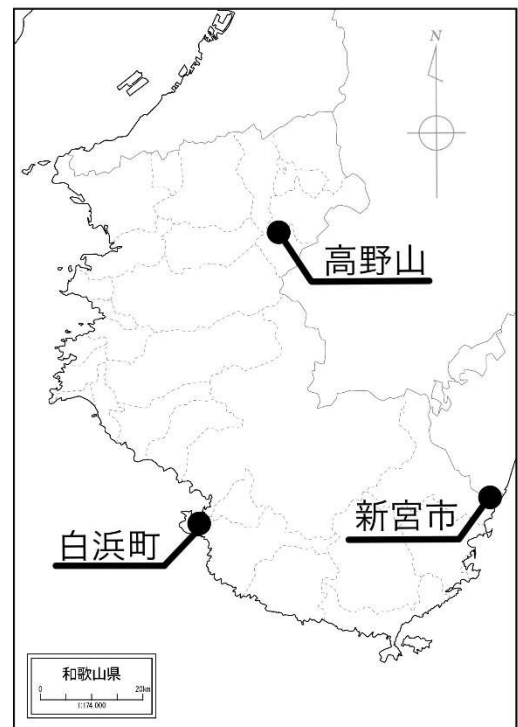


図-4 研究対象地

2-2. 自動飛行検証

自動飛行検証については DJI Mavic 3 Pro に搭載されているウェイポイントという機能を使用した。ウェイポイントの手順としてまず、自動飛行させたいルートを一度手動で飛行させ、曲がり角や大きなカーブなど大きく進路を変える点にウェイポイントを設定する。ウェイポイント設定後、自動飛行中の速度を設定でき 1 ㎓から 0.1 ㎓ずつ細かく調整することが可能である。飛行速度設定後、飛行開始ボタンを押すと、設定したポイントを指定の速さで自動飛行を行うことができる（写真-2）



写真-2 自動飛行設定画面
（ドローン操縦器）

本研究ではこれらの機能を用いて以下の検証を行った。

最初に飛行速度に関する検証を行った。人の平常時の歩行速度の平均は 0.8～1.0 ㎓¹⁴⁾であり、災害避難時には平常時より歩く速さが早くなると予測できるため、ドローンの飛行速度を 1.2 ㎓、1.4 ㎓、1.6 ㎓、1.8 ㎓、2.0 ㎓と変えて検証を行った。次に飛行高度に関する検証を行った。飛行高度については、避難中にドローンを見上げながら歩くため、あまりに高いと足元を見ることができず、つまづくなどして危険が伴うことが予測されるため、どのくらいの高さが最適なのか高度 2m、3m、4m、5m、6m の低空飛行内で飛行高度を変え検証を行った。最適な飛行速度、飛行

高度を導き出した後、最適速度、高度を飛行時のドローンで、避難誘導時に最適なドローンと避難者と距離の検証を行った。ドローンの飛行位置を変えながら、最も見上げながら歩きやすい距離を決定した。各検証は4人で行い、話し合いを通じて、適正速度、位置を決定した。最後に観光地想定飛行テストを行った。設定した観光地の飛行ルートの高さ、距離を Google Earth で調べ、和歌山高専の運動場でそのルートを分割して再現しながら飛行させることで、疑似的に観光地での飛行テストを行い、飛行ルートを完走するまでバッテリーが保つかどうかの検証を行った。再現飛行ルートは白浜町の白良浜から、避難場所に登録されている白浜町役場とする（写真-3）。その飛行ルートを5つに区切り、それぞれを区間1から区間5とし、各区間の総合計は約500mとした。



写真-3 再現する飛行ルート（和歌山県白浜町）

2-3. 現地調査

ドローンを用いて観光地で実際に避難誘導を行う際には、事前に飛行ルートを現地で設定しておく必要がある（写真-4）。加えてそのルートを実際に飛行させ、問題がないのかを確認する必要がある。しかしながら本研究で使用したドローンは観光地に持ち込むことができないため、ドローンを飛ばすときに建物や電線などに接触するといった、ドローンを用いる場合の注意点の確認をしておく必要がある。そこで高野山、白浜町、新宮市の現地踏査を行い、状況を確認した。確認する前に、事前に各市区町村のハザードマップと Google Earth を参考に飛行ルートの設定を行った。ハザードマップを参照し、有名な観光地をスタート地点に設定し、スタート地点から近く、安全な避難場所をゴール地点とし、飛行ルートの設定を行った。飛行ルートを設定した現地に赴き、設定したルートを歩きながら飛行の障害となる物と飛行時の留意すべき点を確認した。



写真-4 飛行ルート設定例

2-4. 避難誘導所要時間測定

ドローンが災害の発生を検知してから自動飛行を開始し、避難場所に向け飛び立ち、観光客などの避難誘導を行い、そして避難場所に到着するまでの時間を計測する。災害発生の検知は、緊急地震速報を受信したときとする。本検証では、緊急地震速報は、地震発生の1分後に受信するものとした。検証は、和歌山高専内で行い、建物といった障害物などの状況（現地踏査の結果）や標高など考慮した避難ルート（写真-3 が想定したルート）で行った。さらに検証方法として、スタート地点からハザードマップにおいて浸水想定区域外に位置する安全圏である区間3の終点（標高26m地点、総距離約260m）まで避難誘導を行うのに必要な時間の計測を行った。

2-5. 「SEN」適正運用地区調査

一概に観光地と言っても多種多様な観光地がある。山間部に位置するもの、沿岸部に位置するもの、都

市部に位置するものなどが例として挙げられ、発生する災害も地震、津波、土砂災害、洪水、台風、ゲリラ豪雨、火山噴火など様々である。どのような観光地が「SEN」の運用に適しているかを検証した。

「SEN」は災害が発生してから案内を開始するという特性上、突発的に生じる災害や、予兆から被害が生じるまでの時間が短い災害とは相性が悪いと考えられる。各災害の予兆から被害発生までの時間を調べ「SEN」と相性が良い災害を選定することにより、「SEN」の運用に適した観光地を決定した。

3. 結果・考察

3-1. 自動飛行検証結果・考察

ウェイポイント機能を使用し、自動飛行を行った結果、安定して自動飛行を行うことに成功した。飛行は開けた校庭で行い、最大風速 13 %下でも問題なく飛行できた。飛行速度に関しては、1.6 %がちょうどよく、周りを確認しながら避難できる最適な速度だった。1.2~1.4 %では遅く、1.8~2.0 %では早く感じた。1.6 %は成人男性が小走りするくらいの速さであり、老人や子供には少し早い速度となっている。速度を遅くすると、一刻を争う避難誘導に遅れが生じてしまうのでどこまで譲歩するか検討する必要がある。

飛行高度に関しては、3.5~4m ほどの飛行高度が最適である。3m 以下ではドローンが避難者にぶつかる可能性があり、5m 以上はかなり見上げながら歩く必要があり、危険であった。飛行高度の比較を写真-5に示す。飛行位置に関しては、ドローンとの距離が約 10m の時が歩きやすく、ドローンを見失わない最適な距離であった。最適距離の様子を写真-6 に示す。この最適飛行距離は、他の人にも見やすい角度なのかを考察する。170cm の成人男性が高さ 4m 距離 10m のドローンを見上げる目線の角度は約 13 度となり、総産研の「高齢者・障害者感覚特性データベース」の視標検出視野(視標の検出率)¹⁵⁾によると視標の離心角が 13 度の時の若齢者の検出率は 75%以上である事が分かった。また、車いすに乗っている高齢者や子供の目線は約 1m であるので、高さ 4m 距離 10m のドローンを見上げる目線の角度は約 17 度となる(図-5)。



写真-5 飛行高度：2m（左）、4m（真ん中）、6m（右）



写真-6 最適ドローン飛行位置

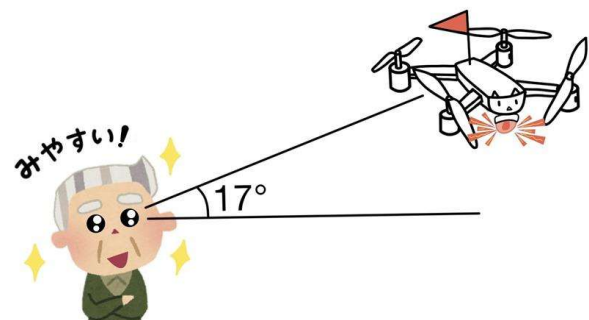


図-5 高齢者の目線からドローンまでの角度

同じように検出率を調べると、視標の離心角が 17 度の時の高齢者、若齢者の検出率は共に 75%以上である事が分かった。検出率は対象物の見やすさを示しており、最適ドローン飛行位置は誰にとっても見やすい位置であると考えられる。最後に観光地想定飛行テスト結果を示す。飛行を行った想定飛行ルートは合計約 500m でドローンのバッテリーは 100%から 38%まで減少した。今回用いた DJI Mavic 3 Pro では 800m 以上の飛行は難しいと考えられる。

3-2. 現地調査結果・考察

現地調査を行った高野山、白浜町、新宮市の結果を表-1 に示す。

表-1 現地調査結果

高野山	・歩くぶんには問題ないが、上空には高く成長した木の枝が茂っており、ドローンが飛行困難な道が多くあった（写真-7）。 ・土砂災害の対策工事が施してあった（写真-8）。
白浜町	・建物間が狭く、風などで少しルートがずれると、ドローンが墜落する恐れがある（写真-9）。 ・電線が多くあった（写真-10）。電線は 5m 以上の高さが必要とされており¹⁶ 飛行高度、飛行ルートに注意が必要。 ・町の電柱に避難先を示す簡易的な看板があったが、看板同士の距離が離れていたり、矢印が示す方向が曖昧だったり、看板のみでの避難が困難だった（写真-11）。 ・ハザードマップを見ると白良浜付近には 2 つの避難場所があった（写真-12）。しかし、現地に行くと地震発生時には白浜町役場（下の避難場所）に避難するようにと書かれていた。このようにハザードマップだけでは推奨されている避難場所を把握することができなかった。 ・さらに、写真-12 の上に示されている避難場所に行くと、高所ではあるが、ここが避難場所だと示すものなく、ただの道路であった（写真-13）。
新宮市	・電線が多くあり飛行ルート及び、飛行高度の見直しが必要（写真-14）。 ・熊野川周辺には分かりやすい避難看板があったが、海岸線沿い（王子ヶ浜）付近に避難看板がなかった。 ・各地にある観光マップに避難場所の記載がなかった。 ・ハザードマップに乗っている王子ヶ浜からの最短の避難場所が線路に阻まれて、行くことができず、短時間で避難することができなかった。



写真-7 飛行を阻害する木の様子（高野山）



写真-8 土砂災害対策工の様子（高野山）



写真-9 墜落のリスクを示した図（白浜町）



写真-10 電線の様子（白浜町）



写真-11 避難看板の位置関係（白浜町）
（黄丸は避難看板、緑丸は避難場所）

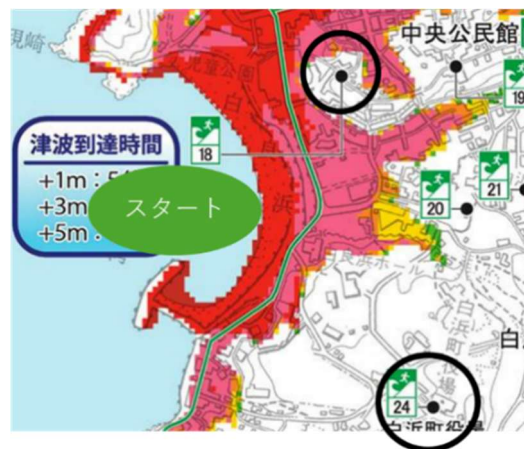


写真-12 白浜町ハザードマップ



写真-13 写真-12 の上の避難場所の様子
(白浜町)



写真-14 電線の様子 (新宮市)

高野山、白浜町、新宮市は共通して上空に電線や木などの障害物があり、5m 以上の飛行は難しいが、「3-1 自動飛行検証」より、最適飛行高度は3.5～4m となっているので、問題なく避難誘導は行えると考えられる。また、観光客にとって、ハザードマップだけでは避難行動に必要な情報を十分に提供できないことが明らかとなった。地元住民は地域に対する知識が豊富であり、ハザードマップを参考にして迅速な避難が可能だが、観光客はその土地についての知識が乏しく、ハザードマップのみでは適切な行動が取れないという課題が浮き彫りとなった。加えて、観光地における避難看板の不足は、観光客が避難経路を特定する際の大きな障壁となっている。避難看板は重要な避難情報源であるが、適切な数を適切な場所に配置されていなければ、その効果は薄れてしまう。このことは、防災対策において観光客向けのより具体的な情報提供が必要であることを示唆しており、「事後対策型」の防災システムである「SEN」の必要性を再確認することができた。

3-3. 避難誘導所要時間測定 結果・考察

白浜町の白良浜において、安全圏まで避難誘導を行うのに 3 分 52 秒を要した。260m の避難誘導で約 4 分なので、5 分ほど時間があれば大半の避難場所への避難誘導が行えると考えられる。

表-2 避難誘導所要時間測定結果

地震発生からの経過時間	発生事象と到達状況
0 分	地震発生
1 分 00 秒	緊急地震速報を検知し、避難誘導を開始
1 分 51 秒	区間 1 の終点 (標高 10m) に到着
2 分 44 秒	区間 2 の終点 (標高 17m) に到着
3 分 52 秒	区間 3 の終点 (標高 26m) に到着 (安全圏に到着)

3-4. 「SEN」適正運用地調査結果・考察

「SEN」適正運用地調査結果を表-3に示す。

表-3 「SEN」適正運用地調査結果

災害の名称	災害の特徴	「SEN」との相性
地震	地震発生とともに建物の倒壊などの被害が生じるため、「SEN」との相性が悪い。火災などの地震後の2次災害時の運用には適していると考えられる。	▲
津波	地震によって発生し、地震発生後から津波到達までは数分～数時間と地域によって大きく異なる。避難誘導を行う時間を考慮して、地震発生から津波到達まで5分以上ある場所での「SEN」運用は適していると考えられる。	○
土砂災害	地震、大雨などによって発生する。地震の場合、軟弱な地盤は地震発生と同時に崩れ、被害が生じる。避難誘導までの時間がないため「SEN」の運用には適していないと考えられる。	×
水害	洪水、台風、ゲリラ豪雨などの水害は大雨を伴うので、ドローンを飛行させることが困難であるため、「SEN」の運用には適していないと考えられる。	×
噴火	噴火が発生後すぐ、数キロ圏内には落石による被害が発生し、その後数時間で各地に降灰が発生する。降灰時の避難誘導に関しては「SEN」の運用には適していると考えられるが、火山灰がドローンの飛行にどのような影響をもたらすか不明瞭なため、「SEN」の運用は噴火後すぐに限定されることが考えられる。	▲

「SEN」適正運用地調査より「SEN」は津波が発生する土地での運用が適していることが分かった。現地調査を行った土地では白浜町や、新宮市などの海辺の観光地での運用が適していると考えられる。南海トラフ地震の発生後から津波の第一波到達まで白浜町は3分、新宮市は4分そして串本町では2分となっている¹⁷⁾。どれも5分より早く到達してしまっており避難誘導を行う時間が十分にとることはできないと考えられる。しかし、運用開始直後から高台へと避難誘導を行うので全くの無駄というわけではなく避難場所を探す時間をなくすことができ、より多くの人の命を救うことができる。津波以外にも、運用状況が限定されるが、地震と噴火時にも運用することができると考えられる。しかし大雨によって派生する災害は突発的に起こるものではないため、大雨の中ドローンを飛行させることができないので「SEN」を運用することができない。

4. まとめ

災害意識が十分に浸透しきっておらず、観光客も多い現代日本において、従来の防災対策である「事前対策型」の防災だけでは全ての人に避難場所を教えることは不可能である。そこで現代社会に適した新しい防災の形である避難場所の知識を事前につける必要がない「事後対策型」の防災対策を考案し、そのモ

デルケースとしてドローンを用いた避難誘導システム「SEN」の開発を行う。本活動では「SEN」の運用の可能性について確かめるため、自動飛行検証、現地調査、避難誘導所要時間測定、「SEN」適正運用地調査の4つの検証を行った。各検証から「SEN」の最適運用法が見出され、実現性が十分にあると実証することができた。

自動飛行については、今回は観光地でドローンを飛行させることが出来なかったが、実用化した際には、避難ルートを一度手で電線などの障害物を避けながらドローンを飛ばしウェイポイントを設定することにより、円滑に自動飛行が可能となる。飛行高度4m、飛行速度1.6m/s、飛行距離10mを維持することで、電線を避けつつ安全に避難誘導を行うことができる。

適正運用地については主な災害が津波、運用状況によっては地震、噴火の観光地と相性がよく、特に地震発生から津波到達まで5分以上ある観光地での運用に適している。

また、現地調査より、ハザードマップだけでは避難行動に必要な情報を十分に得ることができないことが明らかとなった。事前に観光地のハザードマップを確認してから現地に行ったが、ハザードマップだけでは避難場所の行き方が分かりにくく、現地にある避難看板も分かりにくかった。事前にハザードマップを確認していても避難が困難であったため、災害が発生しパニック状態の事前知識のない観光客が避難看板のみで素早く避難することは難しい。和歌山県の観光地はこのような状況であるため、「SEN」の必要性を再確認でき、「事後対策型」の防災システムの有用性を証明することができた。

参考文献

- 1)国土交通省防災減災対策本部. 1. 防災・減災が主流となる社会の必要性. 国土交通省, 2020, <https://www.mlit.go.jp/river/bousai/bousai-gensaihonbu/2kai/pdf/siryou01-2.pdf>, (参照 2025-2-21)
- 2)内閣府大臣官房政府広報室. 防災に関する世論調査（令和4年9月調査）. 内閣府, 2023, <https://survey.gov-online.go.jp/r04/r04-bousai/>, (参照 2025-3-4)
- 3)酒井宏平・豊田祐輔・鐘ヶ江秀彦：観光客の防災意識に影響する要因に関する研究-世界遺産姫路城を事例に-, 歴史都市防災論文集, Vol. 12, 2018, (参照 2025-3-4)
- 4)NHK 和歌山 HP, “人気の観光地 土地勘のない観光客 防災対策は”, <https://www3.nhk.or.jp/lnews/wakayama/20230517/2040014579.html>, (参照 2023-8-16)
- 5)全国町村会 HP, “和歌山県白浜町／災害に強い「観光のまち」を目指して～観光客の生命を守るために～”, <https://www.zck.or.jp/site/forum/1328.html>, (参照 2023-8-16)
- 6)久保菜・妹尾大輝・吉田秀典. ドローンを用いた要配慮者の 避難支援システム構築に関する基礎的研究. AI・データサイエンス論文集. 土木学会, p. 466-473, 2023.
- 7)鈴木雄太. 火災情報の不完全性を考慮した地震火災時のリアルタイム避難誘導に関する基礎的研究. 筑波大学, 博士論文, 2021.
- 8) 鈴木学・浜克己・村尚彦. 協調ドローンを用いた避難誘導支援システム. 計測自動制御学会論文集. 計測自動制御学会, p. 24-30, 2020.

9)永井勇輝・山本和清・宮崎渉・鈴木一帆・友枝萌子・阿久津 研介. 津波災害時における観光施設等の外国人観光客への避難誘導に関する研究. 環境情報科学論文集. 環境情報科学センター, p. 193-198, 2019.

10)大窪健之・紺谷渉・金度源・林倫子. 国宝松本城の震災時における観光客の避難誘導計画. 歴史都市防災論文集. 歴史都市防災研究所, p. 167-174, 2017.

11)首相官邸ホームページ. 政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について.内閣府, 2020, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryou15.pdf>, (参照 2025-3-25)

12) 宗教法人金剛峯寺.和歌山県高野町における総本山金剛峯寺文化観光拠点計画.文化庁, https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunka_gyosei/bunkakanko/pdf/93093801_20.pdf?utm_source=chatgpt.com, (参照 2025-3-25)

13) 一般財団法人アジア太平洋研究所.DMO のインバウンド誘客の取り組みとその効果(2)-マーケティング・マネジメントエリアに着目した分析：和歌山県の事例から-, https://www.apir.or.jp/research/post15693/?utm_source=chatgpt.com, (参照 2025-3-25)

14) 岐阜新聞デジタル,教えてホームドクター歩行速度と寿命, <https://www.gifu-np.co.jp/articles/-/2483> (参照 2025-3-25)

15)総産研.「高齢者・障害者感覚特性データベース」視標検出視野(視標の検出率), https://scdb.db.aist.go.jp/db/vision/field_rate.html, (参照 2025-3-25)

16)公益社団法人日本電気技術者法人.電気設備技術基準・解釈（その後）電線路に関する規制, <https://jeea.or.jp/course/contents/11105/>

17) 時事ドットコムニュース.【南海トラフ巨大地震】被害想定まとめ（2025 年版）, https://www.jiji.com/jc/tokushu?id=nankai_trough_earthquake_risk_2025&g=ert#goog_rewarded