

自動航行UAVを用いた実道における被災状況把握実験

梅原 剛・増田 仁

1. はじめに

国土交通省では、切迫する南海トラフ巨大地震や首都直下地震による災害、気候変動の影響による水災害の頻発・激甚化が懸念される中、国民の安全・安心を守るため、防災・減災、国土強靱化等の取り組みに総力をあげて取り組んでいる。2020年6月にとりまとめられた道路政策ビジョン『2040年、道路の景色が変わる』¹⁾においても、道路行政が目指すべき社会像として、国土の災害脆弱性を克服した社会を掲げ、災害時には情報提供や交通誘導により人流・物流を最適化する等、耐災害性を備えた幹線道路ネットワークの具体イメージを打ち出している。

一方、災害時には、河川氾濫や土砂災害といった人命に関わる被害の状況把握が優先され、それらに多くの職員が動員される結果、道路状況調査は災害協定協力会社に頼らざるを得ないのが現状である。だが、道路状況調査が疎かになると、緊急輸送道路の確保さえできず、救助活動の遅延や物流機能の停止等に追い込まれることも想定される。

国土技術政策総合研究所では、地震や豪雨災害等による道路施設の被災状況の迅速な把握を目的とし、CCTVカメラ・MMS等の道路管理技術やリモートセンシング技術の活用を検討している²⁾。なかでも、災害時及び通常パトロールの代用として、道路の線的な調査が可能で、誰でも容易に扱うことができる調査技術となり得る自動航行UAVに着目し、災害調査への活用可能性の検討を行っている。

本稿では、自動航行UAVの災害現場や平時の道路管理での活用に向け、被災現場等で試験飛行を実施し、被災箇所の道路状況把握精度の調査及び現場飛行を実施した上での課題整理を行った結果を紹介する。

2. 災害時の道路管理におけるUAV活用の有用性

前年度実施した調査²⁾の際、災害時の道路管理における懸案事項について国土交通省の道路管理事務所から表-1に示す指摘があった。

ヒアリングを実施した道路管理事務所は、災害発生後、通行機能に支障がなければ、パトロールカー出発後、概ね1時間程度で事務所管内の道路被災情報収集や道路通行可否の把握を行っている。そこで、パトロールカーによる被災状況把握が難しい場合に活用できる技術として、UAV、航空機もしくは衛星を用いた技術が選択できる。なかでも図-1に示す自動航行UAVに関しては、道路脇等にドローンポートを設置し、自動航行ルート設定を行っておくことで、発災時にすみやかに管理道路の状況を確認することが可能となるとともに、映像データを確認した遠隔地の専門家からの助言や、道路管理者による応急復旧等の対応策について検討することも可能となる。

表-1 災害時の道路管理における懸案事項

災害時の道路管理における懸案
①津波警報発令後、海岸沿いの現地への立入ができない
②道路より低い位置で発生した土砂災害を把握できない
③管理道路全般の通行状況の迅速な把握ができない
④不通区間が発生した場合、迂回に時間をとられる
⑤CCTVカメラでは把握可能エリアが限られる
⑥夜間時、CCTVカメラで状況把握できない箇所がある
⑦被災概要はパトロール等で把握できるが、詳細な被害規模が把握できない



図-1 自動航行UAVのドローンポートからの離陸及び飛行

3. 被災現場における自動航行UAV試験飛行

3.1 試験飛行概要

試験飛行は令和2年9月7日に発生した台風10号による越波の影響で被災し、当時、通行止めとなっていた宮崎県日南市の市道富士小目井線から旧国道220号の富士遮断機間の区間（図-3）で実施した。飛行ケースを表-2に示す。ケース1、2では、使用機体等を変え、図-4の実際の被災事象を活用することにより、道路状況把握精度の確認を行った。なお、被災箇所はズーム機能での確認を行えるよう自動航行プログラムで設定した。ケース3では、被災の可能性が高いことが想定される事前通行規制区間でのUAVの飛行能力を確認するため、長距離飛行確認試験を実施した。飛行コースは海上飛行を基本とし、速度5m/s、道路からの離隔30m（平時の航空法上の第三者又は第三者の建物、第三者の車両などの物件との最低離隔）、飛行高度30m、50mとした。

3.2 試験飛行結果

(1) ケース1、2（道路被災状況把握）

SDカード映像から被災状況をどの程度把握できるか整理した結果の一例を図-5に示す。今回の試験飛行において、UAVを高度30mもしくは50mで飛行させた場合、図-4に示した被災状況のうち、③20cmブロックの散乱までは確認可能で

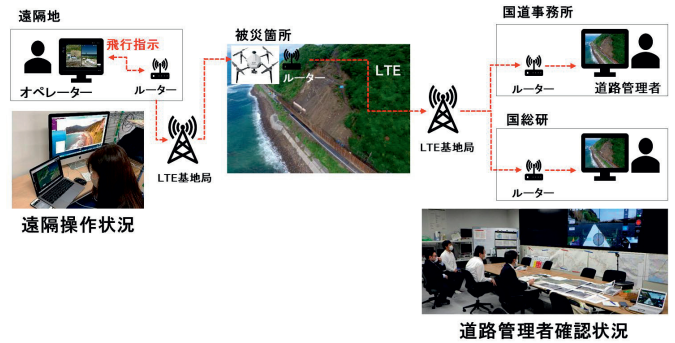


図-2 自動航行UAVのシステム構成の一例

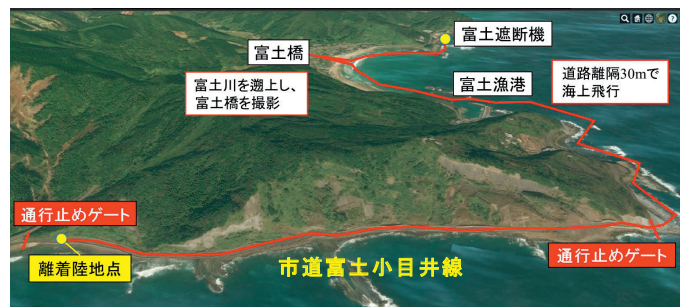


図-3 試験飛行ルート（ケース3、往復10km）

表-2 試験飛行概要

ケース	ケース1	ケース2	ケース3
飛行場所	市道（通行止め区間） （往復約3km）	市道（通行止め区間） （往復約3km）	市道（通行止め区間） ～富士遮断機 （往復約10km）
使用機体	DJI社 Matrice300RTK	Easy Aerial社 Falcon	DJI社 Matrice300RTK
搭載カメラ	Zenmuse H20 解像度：（動画） 1920×1080 3840×2160（ズーム利用時） ズーム：20倍	FLIR Duo 解像度：（動画） 1920×1080 ズーム：なし	Zenmuse H20 解像度：（動画） 1920×1080 3840×2160（ズーム利用時） ズーム：20倍
発着場	市道の道路上	ドローンポート	市道の道路上
映像確認方法	機体装備カメラのSDカード映像、通信（LTE回線）によるリアルタイム映像		
UAVの操作方法	プロボでの飛行指示、 自動航行設定による飛行	遠隔地からの飛行指示、 自動航行設定による飛行	プロボでの飛行指示、 自動航行設定による飛行



図-4 ケース1、2の飛行ルート及び被災事象



図-5 被災状況確認結果の一例 (③20cmブロック、使用機体：Matrice300RTK、解像度：1920×1080)

あったが、②擁壁クラック（幅約3cm）や①路面クラック（幅約1.5cm）は、ズーム機能なしでは確認できなかった。また高度30mと50mでは、飛行高度の違いによる明確な視認性の相違はみられなかった。加えて、本ケースでは、災害時の特例として実施の可能性がある高度15m道路直上の飛行も実施した。その結果、ここまで高度を下げることで、①路面クラック（幅約1.5cm）まで確認可能であることがわかった。また図-6に示すように、ケース1と2では使用機体やカメラが異なるものの、カメラの解像度は等しいため、ほぼ同一の確認精度が得られた。

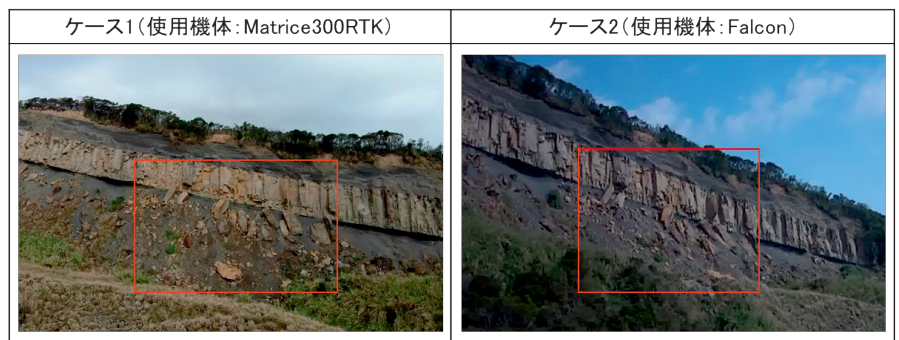


図-6 ケース1、2の撮影映像の比較 (⑤砂泥層の互層、解像度1920×1080)

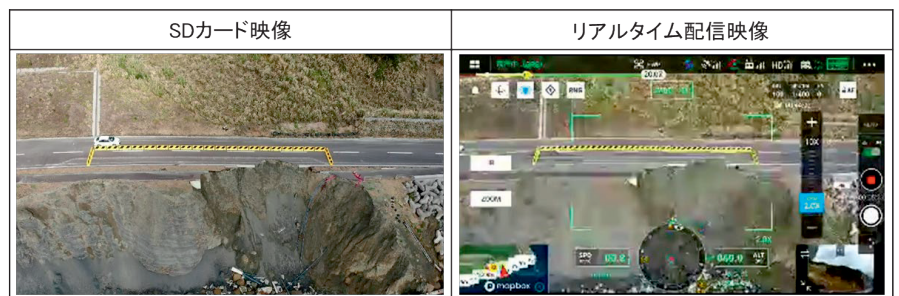


図-7 通信状況による映像への影響 (④路肩崩壊、飛行高度50m)

リアルタイム配信映像については、図-7に示すように、電波速度が低下するエリアではリアルタイム配信映像の乱れや配信不能となることもあり、状況確認が困難となることもわかった。

(2) ケース3（飛行能力把握）

市道富士小目井線から旧国道220号の富士遮断機間の約10kmの長距離飛行においては、ほぼルート設定通りの飛行が確認でき、土砂災害等において地形が変形し、道路管理パトロール車が進入不可能となるような事態が発生した場合でも、自動航行機能を設定しておくことで、無人による調査が可能となることが示された。

4. 運用上の課題整理

4.1 映像配信に関する課題

今回、2種類の機体やカメラを用いて、平時の航空法上の最低離隔である30mを保って飛行させ、

道路被災状況を確認した結果、カメラのズーム機能を用いて撮影したSDカード映像であれば、①路面クラック（幅約1.5cm）まで確認できた。一方で、リアルタイムでの映像配信では、電波状況により配信画像が不鮮明になり、状況把握が容易と思われた④路肩崩壊でも把握が困難となる場合もあった。今回は、LTE回線を用いた映像配信を行ったが、電波は同日であっても時間帯や回線の混み具合等により速度の影響を受ける。ましてや災害時には、通信設備の被災等により、活用不能となることも考えられる。そのため、今回の試験飛行を通じて、衛星通信や国交省所有の光ファイバーの活用、UAV専用帯域の整備等に関する検討を行い、災害時にも問題なく活用可能な安定的な通信体制を確保する必要がある。

なお、今回の撮影範囲においては、公開に際して問題となるような情報もないため、特段のデー

タ流出対策は講じなかった。

4.2 機体性能に関する課題

試験飛行に用いた機体では、バッテリーの関係から、今回設定した飛行距離10kmが限界であり、被災スポットの詳細調査やより長距離の調査を行う必要がある場合には、数台のドローンを連携させることやバッテリーの性能を向上させる必要がある。また、自動航行や被災設定箇所の撮影はGNSS (Global Navigation Satellite System) 受信性能に依存し、設定ルートから数mずれる場合があったことから、ドローンに搭載する電波センサーの高度化等の対策が必要であることや、現状の汎用機体の多くはプロポが近くないと操作できないこともあり、道路被災調査に用いるUAVの機体性能においては改良の余地があることが明確となった。

4.3 法制度面等に関する課題

自動航行UAVを活用した道路状況調査の実施においては、UAVの長距離飛行や遠隔操作のため、現状ではLTE回線を使用する必要がある(図-2)、電波法においてLTE回線の空中利用申請が必要となる。また航空法において第三者又は第三者の建物、車両などの物件との最低離隔を30m以上確保しなければならないことや、道路交通法において道路上での離発着には道路占有許可申請が必要であること、道路上空飛行の際に道路管理者や警察との協議が必要なこと等の規制があり、現状では道路脇のドローンポートの設置が不可能であるとともに、例えば本実験では図-8に示す漁場等の近寄れない場所や樹木等により死角となる場所において、道路状況の把握が困難となることもわかった。加えて、本実験ではコース上に河川、漁港、集落があり、河川管理者、漁業管理組合、関係自治会との協議に相当の時間を要した。

飛行実験でさえ、以上のように手続きや規制が多く、社会実装に向けて、手続き事項の整理や制度面の緩和等の検討が必要である。

5. まとめ

現地での試験飛行の実施により、災害時、進入不可能となる事態が発生した場合でも、飛行距離が10kmの範囲であれば、自動航行UAVによる調査が可能となることが示された。試験飛行の結果、二次被害に繋がるような段差(20cmブロック)



図-8 UAVでの道路状況確認が困難な箇所の例

や法面崩壊に繋がる可能性のある路面変状(幅1.5cm程度の路面クラック)を確認できることがわかった。一方で、通常パトロールや点検での使用を考えると、橋梁のひび割れ等の数mm程度の変状も確認可能となるよう、より一層の状況把握精度の向上が望まれるとともに、道路管理者の要求性能についても整理していく必要があるものと考ええる。

加えて、自動航行UAVの実用化に向け、バッテリーや位置情報精度等の機体性能、LTE回線の電波速度低下等の通信体制や法制度面等での課題も洗い出すことができた。

今後は、上記の課題解決に向けて検討していくとともに、夜間時の調査方策についても探っていく予定である。

謝 辞

本検討にあたり、試験飛行のための現場提供等にご協力いただきました国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所、日南市に心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 2040年、道路の景色が変わる～人々の幸せにつながる道路～、2020年6月、<https://www.mlit.go.jp/road/vision/index.html>
- 2) 梅原剛、森賢二、渡邊和宏、増田仁、片岡正次郎：現場適用性を考慮したリモートセンシング技術による道路被災状況調査方策の提案、土木技術資料、第62巻、第10号、pp.26～29、2020

梅原 剛



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造研究部道路地震防災研究室研究官
UMEBARA Takeshi

増田 仁



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造研究部道路地震防災研究室室長
MASUDA Hitoshi