

携帯電波不感地帯における公共ブロードバンド を活用した映像伝送技術

岸本 優輝¹・小林 正直¹

¹近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター（〒649-5302 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々
3027-6）

土砂災害の現場においては、調査箇所が携帯電波不感地帯であることが多く、公共ブロードバンド移動システム（以下、公共BB）による映像伝送技術の活用が期待される。しかし、土砂災害の現場は中山間地であることが大半であり、山の尾根等が視界の妨げとなるため、複数の中継機の使用・連携が必要となる。そこで、本検討においては、中継用UAVを活用することにより、効率的かつ迅速に被災状況を把握できる手法を提案する。

キーワード 土砂災害、災害対応、中継用UAV、公共BB

1. はじめに

土砂災害現場においては、発生箇所が携帯電波不感地帯であることが多く、公共ブロードバンド移動システム（以下、公共BB）による映像伝送技術の活用が期待される。公共BBとは、2011年のVHF帯地デジ化移行に伴い、地上アナログテレビ放送の空き周波数帯を利用した自営ブロードバンド無線として運用が開始されたものである。公共BBに映像を伝送する仕組みを加えることで、

より詳細な状況把握が可能となり、災害現場での運用はもとより、基幹システムの設置や電気通信事業者回線の使用が困難な場所（携帯電波不感地帯を含む）に持ち込む可搬型システムとして、主に利用されている。しかし、土砂災害の現場は中山間地が多く、山の尾根等が視界の妨げとなるため、複数の中継機の使用・連携が必要となる。そこで、本検討においては、中継用UAVを活用することにより、効率的かつ迅速に被災状況を把握できる手法を提案する(図-1)。

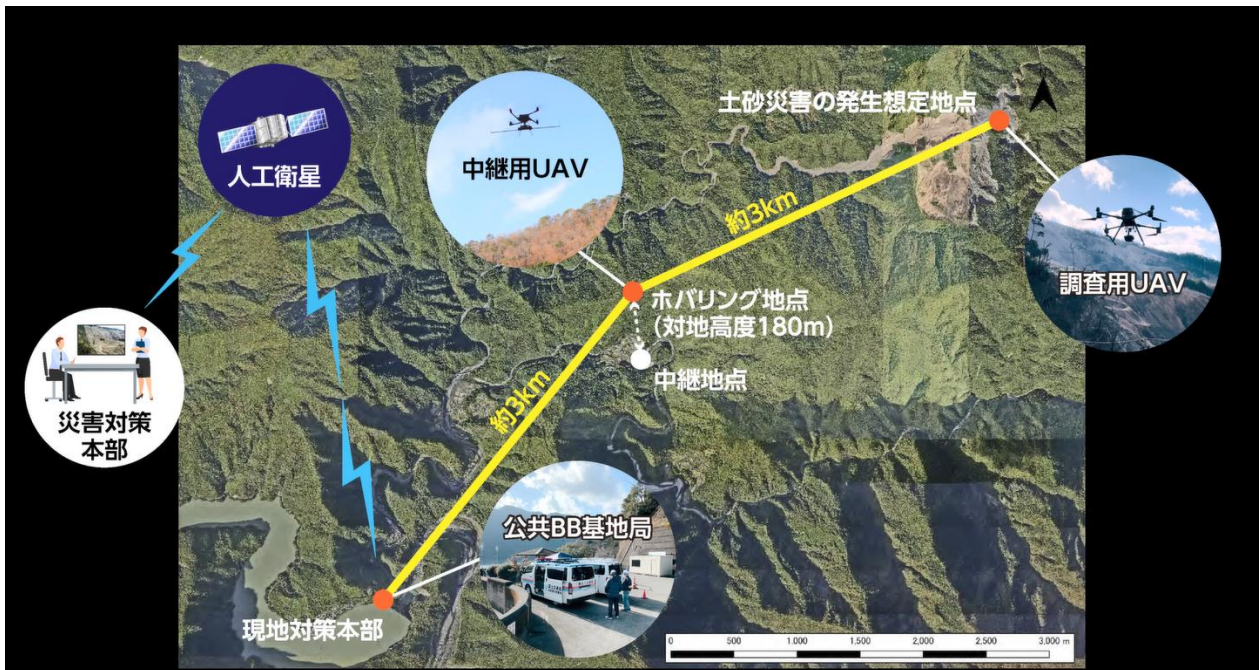


図-1 本検討における公共BBを用いたシステム設計

2. 公共BBを用いた伝送技術の設計

(1) 公共BBのシステム設計

本検討では、公共BB無線機、公共BB搭載可能なUAV、Car-SAT等の衛星通信技術を併用して、携帯電波不感地帯のUAVによる調査映像を遠隔地に伝送するシステム設計を行う(図-1)。具体的には、移動局(土石流発生地点等)で取得したカメラ映像を中継用移動局を経由し、基地局(現地対策本部)に送信する。基地局に送られてきた映像データ等は衛星回線を用いて災害対策本部に転送する。

なお、本検討においては、有効な運用・機能向上をはかるため、現行の運用形態(図-2)に対して、下記の項目を設定の上、システム設計を検討した。

1) 多段中継機能(Wi-RAN)の採用

土石災害の現場においては尾根などが視界の妨げとなり、複数の中継機の運用が必要となるが、中継用無線局をUAVに搭載することで、従来通信できなかった場

所からの映像伝送が可能となる。また、公共無線機の複数設置(最大5台)により、従来の公共BBでは不可能であった広範囲の無線回線を構築できる。

2) 受信ダイバーシチ方式の採用

移動時の無線回線品質は、周囲の環境変化に応じて受信電波にレベル変動が生じるため品質が低下する。そこで、本検討では、受信ダイバーシチ方式を採用(アンテナ増設)することで、複数の反射波が到来するマルチパス環境や移動通信によるフェージング環境における回線品質の向上を期待できる(図-3)。ここで、フェージングとは、無線通信において、時間差をもって到達した電波の波長が干渉しあうことによって電波レベルの強弱に影響を与える現象である。

従来、アンテナの台数は基地局側1台・移動局側1台の構成であるが、本検討においては、各アンテナを1台ずつ増設し、受信回線の品質向上を図った。2台体制にすることで、受信状況の良い回線の選択や電波合成による品質向上・安定化が望める。なお、当該方式の運用において設置したアンテナの距離が近い場合、電波干渉による品質低下を招くため、一定の離隔距離を保ち設置す

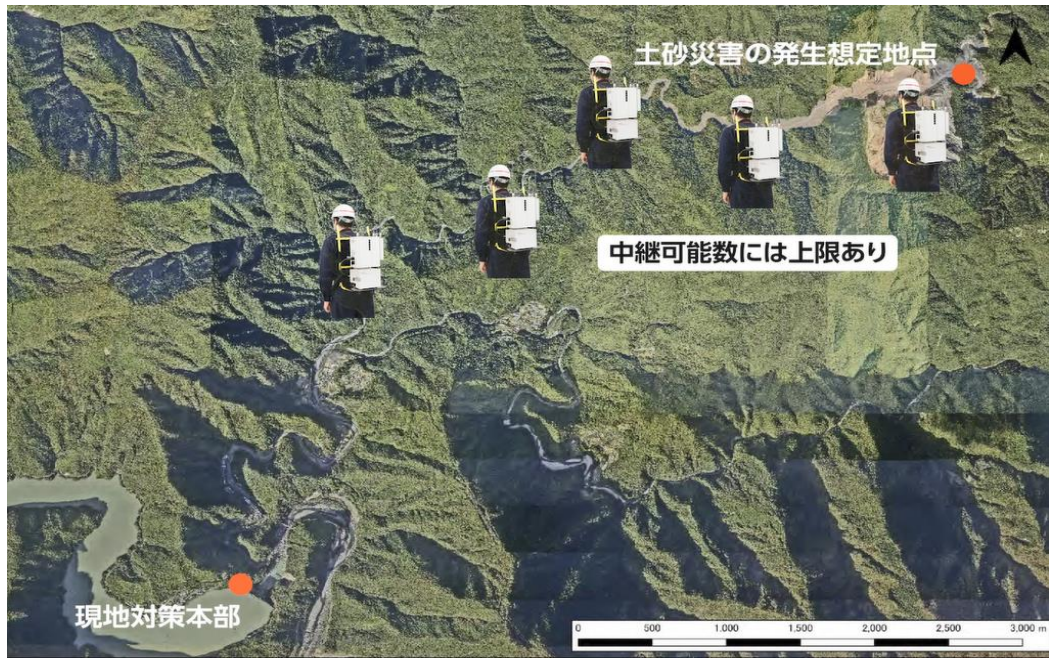


図-2 現状の公共BBを用いた運用のイメージ

る。また、本検討においては、車両にアンテナを搭載することで、機動的な情報収集の実現が可能となる。(図4)

3) 送信映像の品質向上

公共BBシステムでは、無線伝送エラー防止のため、無線回線品質に応じて無線伝送レートを調整する必要がある。そこで、本検討では、公共BBの無線伝送レートに合わせて、最適な映像ビットレートを自動選択しながら映像を伝送することで、簡易な操作のみで運用可能となる(図5)

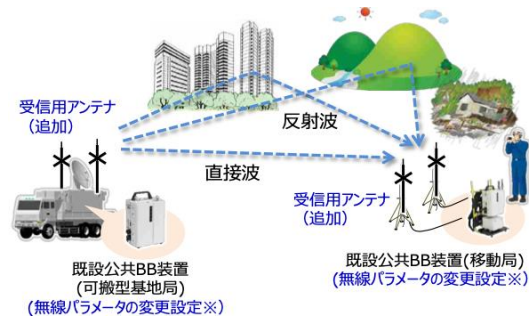


図-3 受信ダイバーシチ方式の概念図

(2) 公共BB実証実験(栗平地区)

本検討では、紀伊山系栗平地区において、実証実験を行った。なお、実証実験を行う上でのシナリオは以下のとおり設定している。

“台風による大雨により、大規模な斜面崩壊が発生し、河道閉塞が形成された。有人ヘリコプターによる調査を検討したが、気象条件が悪く、天候が回復しないため、行うことができない。斜面崩壊の規模や河道閉塞部の形状の把握を行うため、現地対策本部の設置に加え、溪流内への調査班派遣を決定した。しかしながら、栗平地区内は携帯電波不感地帯であるため、現場外に撮影映像の伝送や調査結果の報告をすることができない。また、河道閉塞部と携帯電波受信地点との区間は、道が湾曲し、山の尾根等があるため、見通しが取れず、公共BBを利用した地上中継では通信距離が短くなり、複数の中継機が必要となる。”

このシナリオに対し、上述で設定したシステムにより効率的な調査が可能になるか検証を行った。



図-4 車両ホイップアンテナの例

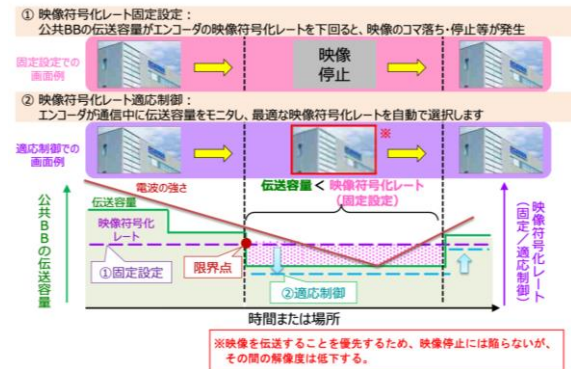


図-5 本設計システムで採用した映像伝送の仕組み

3. 実証実験結果と本システムの評価

本実証実験では、公共BB無線機、公共BB搭載UAVおよびCar-SAT(衛星通信技術)を併用することで、携帯電波

びCar-SAT(衛星通信技術)を併用することで、携帯電波

項番	項目	課題	評価
①	多段中継機能 (Wi-RAN)	基地局と移動局は完全に見通し外の環境下で通信出来ない	公共BBを搭載した中継用UAVを尾根越えさせ、各拠点間の見通しを確保することで映像伝送に成功
②	受信ダイバーシチ方式 (アンテナ2本併用)	移動時の無線回線品質は周囲の環境変化に応じて受信電波にレベル変動が生じるため品質が低下	基地局と移動局の無線リンク確立後の映像は途切れることなく、安定した映像伝送が実現
③	簡易な操作を可能にする映像伝送システム (適応型エンコーダの利用)	公共BBシステムでは、無線伝送エラー防止のため、無線回線品質に応じて無線伝送レートを調整する必要がある	伝送可能なデータ容量を意識することなく簡易な操作を可能とする「映像符号化レート適応制御機能(適応型エンコーダ)」を用いることで最適な映像ビットレートを自動選択しながら映像伝送されることを確認

表-1 本検討における実証実験の結果

不感地帯環境下でもUAV調査映像の遠隔地伝送が可能であることを実証でき(表-1、図-6)、約6km離れた場所までの映像伝送に成功した。

4. 課題

本実証実験での中継用UAVについては、公共BB搭載重量が7.5kgであり、飛行時間が15分(内:映像伝送時間は約5分)であった。積載量が大きいため、飛行時間・映像伝送時間が短くなることが課題として挙げられる。UAVの飛行時間を長くするためには、必要最低限の高度で飛行することと積載量を小さくすることが重要である。したがって、本手法により土砂災害の発生箇所を監視・調査するにあたっては、事前に適切なホバリング地点を選定し、飛行高度を必要最低限とすることが重要となる。具体的には、ある地区で土砂災害が発生した場合、どの地点でホバリングさせるか等、航空レーザ測量による3次元地形図を活用してUAV調査地点(移動局)とホバリング地点(中継局)、ホバリング地点(中継局)と災害対策本部(基地局)がそれぞれ直線見通しが確保できるように検討することが望ましい。

また、今後は、事務所所有の資機材の機能改良を行い、利用範囲の拡大や通信の安定性や品質向上を図ると共に、公共BB搭載可能なUAVの飛行時間の改善を行っていく必要もある。

5. おわりに

事務所所有の公共BB無線機は、多段中継機能が無いため栗平地区のような場所での広域利用は困難である。また、通信距離が長くなると通信の安定性や品質向上も必

要となる。これらの機能・性能の向上を図るため、本業務では、公共BB無線機、公共BB搭載可能なUAV、Car-SAT等の衛星通信技術を併用し、携帯電波不感地帯においてUAVによる調査映像を遠隔地に伝送するための実証実験を行い、約6km離れた場所まで映像伝送することに成功した。

土砂災害現場は山間地であることが大半であり、本検討で設定したシナリオのとおり、基地局と移動局が完全に見通し外となることが想定される。

その際に、背負型(図-2)の中継機等を多く使って、調査を行うことは、二次災害の危険性や人員確保の面等も考慮すると、非常に非効率的である。

今後、携帯電波不感地帯における災害時の調査については、本検討で用いた手法を活用することで、生産性・安全性が大きく向上されることが期待できる。

謝辞: 現地検証計画立案・検証は中電技術コンサルタント(株)に受託いただきご尽力いただいた。今後の利活用等の検討は国土技術政策総合研究所土砂災害研究部の竹下主任研究官に有益なご意見をいただき検討を進めることができた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 砂防関係施設点検要領(案), 令和4年3月, 国土交通省 砂防部 保全課
- 2) 小杉恵, 北本楽, 柴田俊 :UAV の自律飛行による河道閉塞や砂防堰堤の調査・点検, 土木技術資料, Vol.63, No.8, pp36-41, 2021
- 3) UAV の自律飛行による砂防関係施設の自動巡視・点検に関する手引き, 令和3年7月, 国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター

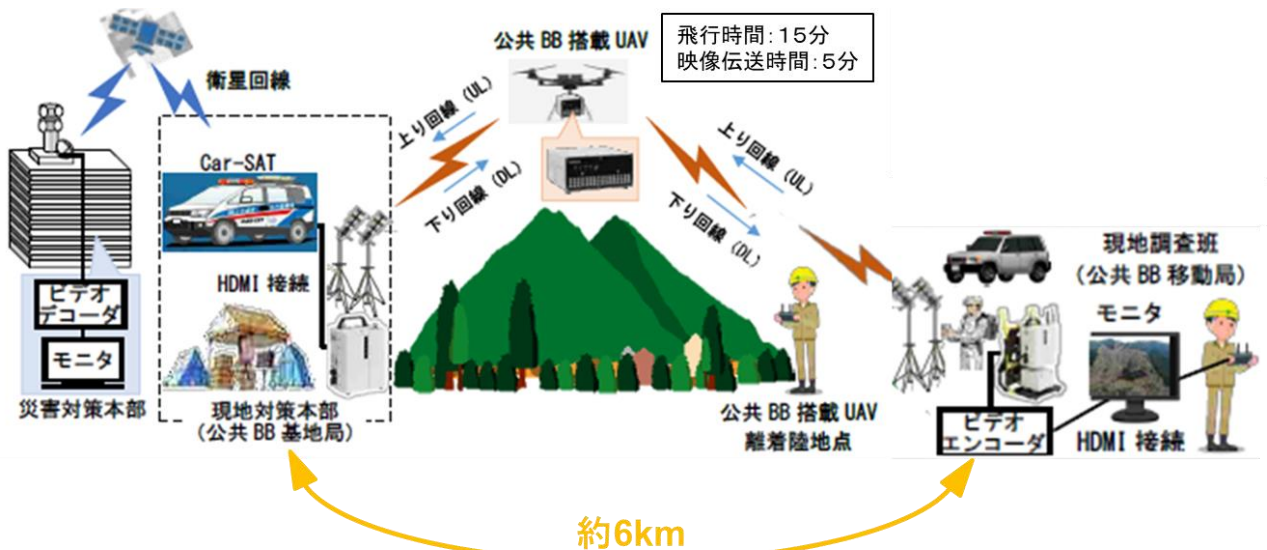


図-6 本検討における実証実験の結果