

遠隔臨場ドローンシステム

株式会社フジタ 土木本部土木エンジニアリングセンター企画部 松岡 祐仁
株式会社フジタ 土木本部土木エンジニアリングセンター機械部 ○林 秀晃
株式会社センシンロボティクス マーケティング部 吉井 太郎

1 はじめに

近年、ドローンは、モバイル技術の進化やバッテリーの小型化、低価格化によって 2010 年代から急速に進歩・普及するようになった。インフラや設備点検・測量の分野では、ドローンの活用が引き続き普及していくとみられていることから、需要の拡大が見込まれている。

遠隔臨場とは、web 会議システムである Microsoft teams などといった配信システム、及びウェアラブルカメラやタブレットなどの端末を併用し、建設現場において段階確認・材料確認・立会の作業を行うものである。リモート化されることで移動時間の削減、非接触による新型コロナウイルス感染症拡大防止など、働き方改革や生産性向上を期待されている。

遠隔臨場は、2020 年度からインフラ分野の DX として推進され、建設現場にて試行を開始している。現在の遠隔臨場は、前述の通り、ウェアラブルカメラなどを利用した運用が主流となっているが、課題も抱えている。その課題を 2 点あげる。

- ① 必要機材を担当職員が準備し、発注者の指示でカメラの向きや撮影場所を移動する必要がある
- ② 撮影者やカメラの配置により、撮影範囲が制限されてしまう

① の課題に対して

発注者自らが、カメラの向きやズームをリモート操作できるなど、対話性に優れたインターフェースが必要である。これは、ライブ中継を行う点で、

双方向の通信性能の向上が求められると共に安定した通信環境が必要である。

② の課題に対して

機動性に優れているドローンを活用することで撮影範囲が飛躍的に拡大できる可能性がある。その反面、カメラの性能や操作性の向上が求められる。

以上を踏まえ、本報では、現在のウェアラブルカメラなどを活用した遠隔臨場の更なる効率向上と高度化を目指し、開発した「遠隔臨場ドローンシステム」（株式会社センシンロボティクスと共同開発）の概要と、本システムを実現場で試行した際の課題解決について報告する。

2 システムについて

2.1 使用機器

検証では 1200 万画素の 14 倍カメラを搭載したドローン（SENSYN Mark-2）（図-1）を用いた。仕様表を表-1、表-2 に示す。

表-1 ドローン(SENSYN Mark-2)の仕様表

サイズ	対角0.888m
重量	7.5kg
入力電源	25分
動作保証温度	-10℃ ~ +40℃
防水・粉塵性能	IP54相当
耐風性能	10.0m/s
充電時間	空の状態から約1時間で満充電

表-2 ドローン(SENSYN Mark-2)搭載カメラ

カメラ	14倍ズームカメラ
センサー	CMOS 1/2.3"
サイズ	4000 (H) x 3000 (V) 1,200万画素
レンズ	HFOV= 92 or 50 EFL : 2.3mm

本機は 25 分間連続飛行が可能となっており、ドローンの機動力とともに、高倍率ズームカメラにて、広範囲の俯瞰とピンポイントで、より詳細な映像を提供できることを期待して選定した。

2. 2 システム構成

本システム(図-2)は、遠隔監視システムである SENSYN CORE Monitor (以下 SC モニタ) を基に建設現場の遠隔臨場向けに改良したシステムであり、ドローンが撮影した現場の画像・映像データや飛行時のテレメトリ情報はドローンから 4G-LTE 回線を通して、クラウドにアップロード・蓄積される。アップロードされた情報は、クラウドで一括管理され、遠隔会議室や現場事務所など、様々な場所から本システムに接続することで映像確認(現場内の確認)ができる。また、遠隔管理者は、映像確認だけでなく、ドローンの旋回やカ

メラのズーム操作が可能となっている。



図-3 SC モニタ

SC モニタの操作画面は、図-3 のように右下にあるドローンのコントローラ、左下にあるドローン飛行位置確認マップ、撮影映像などで構成されている。コントローラでは、左側の方向スティックでドローンの旋回が、+-ボタンでドローンのズームが可能となっており、カメラのジンバルピッチも調整できる。また、外部関係者には、URL を共有することで、どこにいても映像の共有が可能である。また、本システムでは、リアルタイムの映像共有のみならず、過去の画像をクラウドに蓄積しているので、同じ場所での画像比較も行える。なお、音声通信は、近年 web 会議システムとして普及している Microsoft teams を併用した。

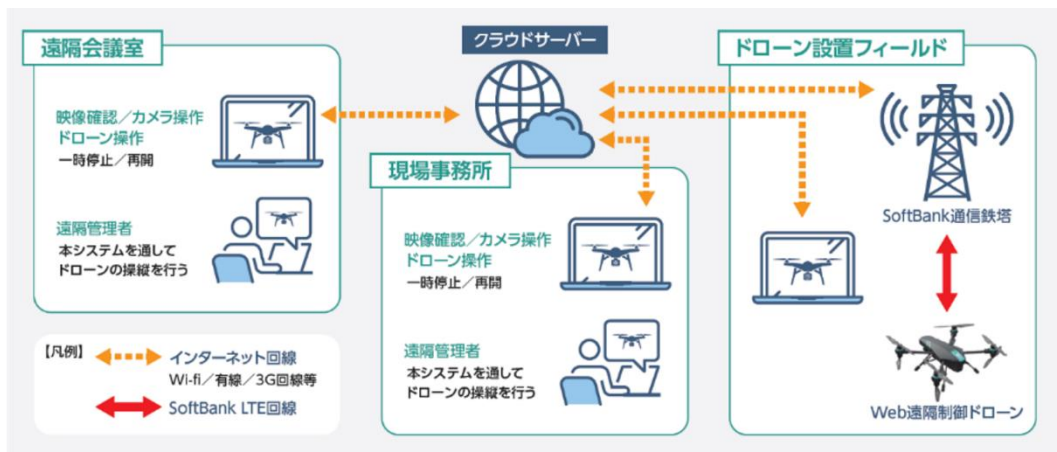


図-1 ドローン機体

図-2 システム全体図

3 本システムの現場試行について

3.1 現場試行の概要

工事名 : 令和元-4 年度横断道羽ノ浦トンネル
工事

場所 : 徳島県小松島市

発注者 : 国土交通省四国地方整備局

試行期間 : 2021/3/29~2021/8/4

3.2 通信システムの改良



図-4 改善前

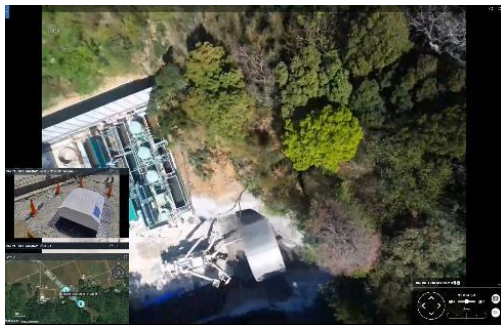


図-5 改善後

テスト飛行の際、ドローンからのリアルタイムでの映像のみ、通信遅延によりブロックノイズが多発した（クラウドに保存済みの映像データは問題なし）。図-4 はドローンが旋回した際のリアルタイム映像をピックアップしたものであるが、アーチ状の残像ノイズが現れた。旋回終了後は通常の映像に戻った。これは映像伝送遅延が原因と考えられる。検証を行った結果、高画質な映像と通信遅延がトレードオフの関係であることに起因していることが分かった。そこで解像度とフレームレートの最適化を下記の通り実施した(図-5)。

- ・解像度 : 1280×960 (HD) ⇒960×720
- ・フレームレート : 20 コマ/s ⇒10 コマ/s

また、映像のエンコード処理には LTE 回線で「H.264H」を使用していた。しかし、調査の結果、機体でのエンコーディングの負荷が想定よりも高く遅延が生じ、画質にも影響していたため、負荷の低い「H.264B」に変更した。これらを行うことでライブ映像の遅延や配信の途絶といった問題が解消され、映像のスムーズな更新が行えるようになった。

3.3 遠隔臨場ドローンシステムの現場試行

本システムの試行概念図を図-6 に示す。試行の目的は、従来の遠隔臨場であるウェアラブルカメラやタブレットを補助する形で、広範囲に渡って発注者が見たい映像をすぐに確認できることである。



図-6 試行概要

試行では、ドローンの機動性を用いた映像提供検証と盛土箇所に 1cm 単位のリボンロッドを設置し、ピンポールで指した目盛値を現場詰所の PC モニタにて視認可能かどうかの検証を行った。条件は高度 20m・30m に対して、各々カメラの倍率 1 倍・7 倍・14 倍の計 6 通りで実施した。

3. 4 遠隔臨場の試行結果

3.3 の検証条件にて実施した法面の法長検尺の検証結果を表-3 に示す。

表-3 飛行結果

倍率[倍] \ 高度[m]	1	7	14
20	×	×	○
30	×	×	○

高度 20m・30m のケースにおいて、両高度ともに倍率 14 倍のみ視認できる結果となった。

高度 30m、倍率 14 倍のリボンロッド部確認映像の拡大を図-7 に示す。



図-7 リボンロッド 1cm ピッチ視認(モニター)

本検証を通して、ドローンを用いた遠隔臨場は、従来の遠隔臨場にドローンによる空撮映像を提供することが有意であることを確認できた。また、カメラにて 1cm ピッチの目盛りを視認できたことから、ドローンは遠隔臨場に必要な仕様に耐えうると考えられる。

本システムにて、ドローンによる検査状況の空撮映像を追加提供するメリットと特徴を 4 点あげる。

① 地上からでは、撮影者の移動やカメラの段取り替えが必要な場合でも、ドローンにより検査対象全域の概況から、cm 単位のピンポイントな詳細確認までを短時間でカバーすることが可能である。

- ② リアルタイムかつ複数映像の表示とクラウドに保存された過去の遠隔臨場記録の再現・比較閲覧が可能である。
- ③ 複数拠点から web ブラウザでアクセスすることでドローンの遠隔操作が可能である。
- ④ リアルタイム映像を確認しながら、機体の向きやカメラのズーム（最大 14 倍）を自由に操作可能である。

4 おわりに

本システムは、スムーズな操作と映像配信を実現し、検査時に使用するリボンロッドの 1cm ピッチの目盛りをモニターで視認できるほど高画質なものである。これにより、発注者の現場臨場業務を大幅に削減でき、遠隔臨場の更なる効率化、高度化を図ることが可能である。

また、現在、主に市場に出回っている DJI 社製の Phantom4 シリーズのドローンについても、カメラのズーム機能がない機種で、ズーム不可であるが、本システムで活用できることを確認した。

今後は、より安定した映像品質が確保できるように、時間や場所に応じて適切なキャリア通信網が選択できるシステムの検討が必要だと考える。また、ドローンの制御・通信に普及段階に入った 5G を活用し、映像の高画質化をさらに推進すべく、技術開発を継続する所存である。

謝辞

共同での本システム開発にあたり、ご協力いただいた株式会社センシンロボティクス各位に深く感謝申し上げます。

- 1) 国土交通省：建設現場の遠隔臨場に関する監督・検査試行要領（案）、pp. 1~6、令和3年3月
- 2) 国土交通省：資料 3 インフラ分野のDXに向けた取組紹介、pp. 2~20、令和2年7月29日