

33. 遠隔臨場ドローンシステムの開発

リアルタイム映像で遠隔臨場を高度化・効率化

(株)フジタ 松岡 祐仁
 ○林 秀晃
 (株)センシンロボティクス 吉井 太郎

1. はじめに

建設 DX が掲げる生産性や安全性向上およびウイルス感染症対策を契機とした非接触・リモート型業務への転換を目指すため、2020年度から施行を開始した遠隔臨場の推進に資する映像コミュニケーション技術の確立が急務となっている。

遠隔臨場とは、ウェアラブルカメラやタブレットなどを利用して、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。発注者が現場で実施していた監督業務が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といった建設現場における生産性向上などの効果が期待できる。



図-1 ウェアラブルカメラなど使用の遠隔臨場

現在の遠隔臨場は図-1の通りウェアラブルカメラやネットワークカメラを使用している。しかし、以下のような課題も抱えている。

- ・ 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
- ・ 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つ目の課題に対しては、発注者自らがカメラの向き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という点で双方向での通信性能の向上が求められると同時に安定した通信環境

を必要とする。

2つ目の課題に対しては、機動性の高いドローンを活用することで撮影範囲を飛躍的に拡大できる可能性がある。その反面、カメラの性能および操作性の向上が求められる。

近年、モバイル技術の進歩やバッテリーの小型化によって、ドローンの活用が急速に進んでいる。とくに測量分野やインフラ設備点検、災害調査の用途では、ドローンの高機能化とともに、益々需要の拡大が見込まれている。

これらを踏まえ、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)センシンロボティクスと共同開発)の概要と、本システムを実現現場の遠隔臨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、14倍ズームカメラ(1200万画素)を搭載したドローン(SENSYN Mark-2)(図-2)を用いた。表-1、表-2に仕様表を示す。

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°C ~ +40°C
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



図-2 ドローン機体

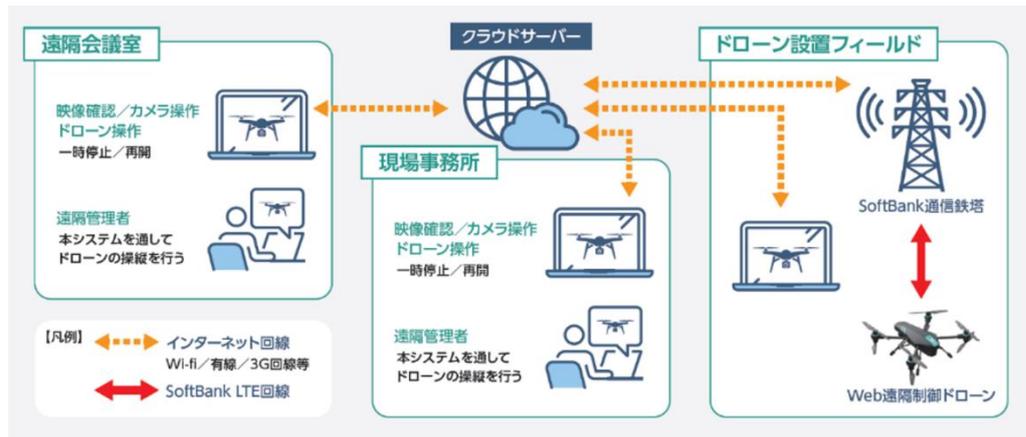


図-3 システム全体図

本機は、25分間飛行可能な機体となっており、ドローンの機動力と併せて、高倍率ズームカメラにより、広範囲の俯瞰とピンポイントな詳細確認を両立できることを期待し選定した。

2.2 システム構成

本システム(図-3)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、ドローンが現場を撮影したデータや飛行時のテレメトリ情報は、4G-LTE 回線を通して、クラウドにアップロード、蓄積し、一括管理される。これらの情報は、遠隔会議室や現場事務所といった様々な場所からシステムに接続して映像の確認が可能となっている。



図-4 SC モニタ

SC モニタの操作画面は、図-4 のようにドローンの撮影映像と右下にあるコントローラなどで構成されている。コントローラでは、左部の方向スティックでドローンの旋回とカメラ角度の調整ができ、写真撮影やその他にもズームやジンバルピッチの調整が可能である。また、外部関係者には URL 共有機能を用いることで簡単に情報共有できる。本システムで取得した映像は、リアルタイムで確認することはもちろん、過去に撮影した画像・映像をクラウドより読み込み、比較・参照す

ることも可能である。

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。

3. 本システムの現場試行

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

工期 : 2020/2/26~2022/7/29

発注者 : 国土交通省四国地方整備局

試行期間 : 2021/3/9~2021/8/4

3.2 通信システムの改善

テスト飛行の際、クラウドに保存された映像データには問題が生じていなかったものの、通信遅延によりライブ映像にブロックノイズが生じる場面が多発した。

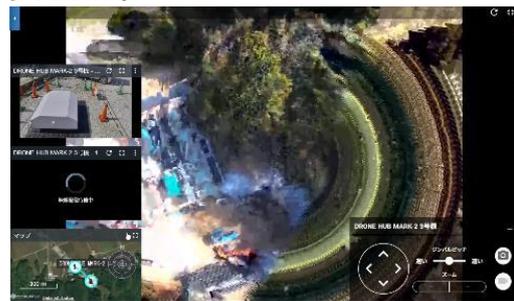


図-5 改善前

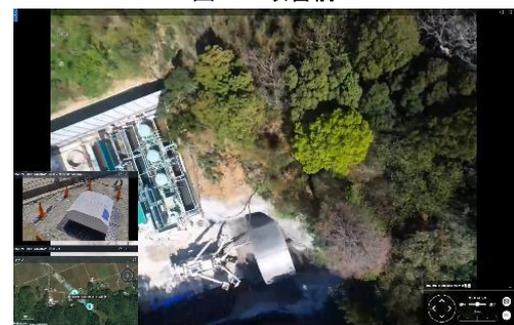


図-6 改善後

図-5は、ドローンの旋回を行った際のライブ映像を切り出したものであるが、映像伝送の遅延が原因と考えられるアーチ状の残像ノイズが現れ、旋回終了後に正常の映像に戻った。調査・検証を行った結果、この現象は高精細な映像品質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判明した。そこで最適化を図り、改善を行った。図-6に改善後の撮影映像を示す。

図-6は以下の設定を変更したものである。

- ・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、映像伝送上、限られた帯域を使うLTE回線で当初「H.264H」を使用していた。しかし、調査の結果エンコーディングの負荷が想定よりも高く、画質にも影響していたため、負荷の低い「H.264B」を選択した。これらの設定を変更したことでライブ映像の遅延や配信の途絶といった現象が解消され、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



図-7 試行概要

本システムの試行概念を図-7に示す。試行の目的は、従来のウェアラブルカメラやタブレットを用いた遠隔臨場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。

現場試行では、ドローンによる機動性のある映像提供検証と同時に、盛土箇所にリボンロッドを設置し、ピンポールで指した1cmピッチのリボンロッドの目盛りが現場詰所のPCモニターで視認できるかを検証した。条件は高度20m・30mにて、各々カメラの倍率が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で述べた検証条件のもと、法面の法長検尺の遠隔臨場を実施した。その結果を表-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、倍率14倍のみ視認できる結果となった。高度30m、倍率14倍の確認画映像を図-8に、リボンロッド部の拡大映像を図-9に示す。



図-8 リボンロッド視認（モニタ映像）



図-9 リボンロッド(1cmピッチの視認)

本検証を通して、従来の遠隔臨場にドローンによる映像を提供することが有意であることを確認できた。図-9の通り、カメラ倍率14倍で1cmの視認ができたため、ドローンは遠隔臨場に必要仕様様に耐えうると考えられる。

ここで、法面検尺の検査で、従来の現場臨場とドローンを活用した遠隔臨場の比較を行う。



図-10 従来の法長検尺状況



図-11 本システムでの法長検尺



図-12 Web と VR ゴーグルを用いた見学

従来は、図-10のように、検査の際、発注者が現地に赴いていたが、現在運用されている遠隔臨場では、パソコンやタブレットといったデバイスでの検査や、現場臨場・対面協議の削減が可能となった。

更に、本システムにより、図-11に示すような検査状況の空撮映像を追加提供することのメリットと特徴をあげる。

- 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. 本システムを用いたWeb現場見学会

遠隔臨場ドローンを試行した作業所と発注者の間で、建設DX技術を活用した「Web現場見学会」を開催した（図-12）。本見学会は、現場に赴くことなく施工現場の臨場体験を目的として試行したもので、本システム以外の技術として360°カメラ遠隔臨場システムとVRゴーグルなどを活用し、Web会議方式で実施した。成果として、工事概要の説明に全体を俯瞰でき、高精細画質を提供できるドローンの生映像とトンネルの坑内作業を臨場体験できる360°カメラを利用したライブVR体験が高評価であった。

コロナ禍における現場見学など研修の1つの手法として有効な手段となることが期待される。

5. 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となっている。これにより、現在工数がかかり過ぎている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。

そして、普及機であるphantomでも試行した結果、実装されていないズーム機能以外は、全く問題なく利用でき、現場活用に有効な組み合わせであることが判明した。

また、本システムのリアルタイム映像配信とその映像を遠隔で操作できる特徴を活かし、昨今頻発する土石流などの災害発生時に、早期に災害現場の被災状況を把握することや、遠隔拠点からの経験豊かな担当者による現場内遠隔監視としての活用も期待できる。

今後は、より安定した映像品質が確保できるよう、場所・時間に応じた最適なキャリア通信網が選択できるシステムの検討が必要であると考えられる。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、さらなる映像の高画質化を推進すべく技術開発を継続する所存である。

参考文献

- 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