

# 小型無人航空機（ドローン）の自動航行に向けた検討

梶原 伸之

関東地方整備局 企画部 情報通信技術課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)

小型無人航空機（ドローン）については、河川管理の効率化の一環として、河川巡視、堤防・構造物点検への活用及び災害時の被災状況把握等に活用され始めているが、これらは、ドローン操縦者が現地に赴いて、機体制御や映像受信を行う必要がある。本稿では、操縦者を現地に派遣せずに済むようにするためドローンの自動航行（遠隔地からの機体制御や映像受信）の実現に向けた検討を行ったものである。（本件は、令和元年度情報通信業務連絡協議会防災対策部会における検討成果である。）

キーワード ドローン, UAV, 自動航行, 河川巡視, 災害対応, 業務効率化

## 1. 背景

### (1) ドローンの活用による業務効率化

近年、職員の減少や維持修繕予算の削減、働き方改革等により業務効率化が急務となっている中、国土交通本省では革新的河川技術プロジェクト（第五弾）として「ドローンによる河川情報の取得、異常箇所自動抽出技術」に取り組むなど、ドローンを河川管理に活用する検討が進められている。

また、関東地方整備局では「関東River-SKY-i」を創設し、ドローンによる上空からの映像撮影、レーザー測量などによる河川管理の効率化・高度化に取り組んでいる。

### (2) 災害対応

令和元年の台風19号においては、関東地方整備局管内で堤防決壊（4河川9箇所）、越水・漏水（9河川34箇所）が発生し、広域的な被災状況の把握が必要となった。

被災状況の把握方法として、防災ヘリコプターによる上空からの調査（リアルタイム映像伝送）が有効であったが、天候不良によるフライトの中止や映像回線が限られていることから、複数のヘリコプターによる同時調査には制限があった。また、ドローンによる被災状況調査については、決壊箇所ピンポイントでの上空撮影にとどまり、広域的な被災状況調査には活用されていない状況であった。

## 2. 目的

ドローンを河川巡視や災害時の被災状況調査に活用する場合、操縦者を現地に派遣して限られたエリアを飛行させるのは迅速性に欠け非効率であることから、事務所・出張所管理区間（20～30km）程度の広範囲を定められた飛行ルートで自動で航行し、事務所等にリアルタイムに映像を届けることができれば非常に有効であると思われる。そのためには、長距離にわたりドローンを航行させる必要があるが、機体と操作機（プロポ）の1対1の通信では下記理由から長距離航行はできない。

- (1) 通信可能な実用距離は2km程度（2.4GHz帯の場合）
- (2) 電波特性から地形や構造物の遮蔽の影響を受けるため、見通し範囲の航行に限られる
- (3) バッテリーによる飛行時間は最大30分程度

これらの解決案として、長距離航行を実現するために地上に複数の制御用電波中継設備を設置することで、設定した経路を自動で航行し、事務所等にリアルタイム映像を伝送できるシステムの検討を行うこととした。なお、バッテリーの充電自動化による飛行距離の延伸については、次回の検討項目とする。

## 3. 課題の整理

ドローンの飛行については航空法で規定されており、

目視範囲外で自動航行するためには航空法（第132条の2第6号）に基づき「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」に定める以下の事項を満たす必要がある。

(1) 課題①

不具合発生時等において、無人航空機を飛行させる者が機体を安全に着陸させられるよう、強制的に操作介入ができる設計であること。

(2) 課題②

不具合発生時に危機回避機能（フェールセーフ機能）が正常に作動すること。（GPS等の電波に異常が見られる場合に、その機能が復帰するまで空中で位置を保持する機能、安全な自動着陸を可能とする機能又はGPS等以外により位置情報を取得できる機能）

4. 解決方法

前項における課題の解決方法として、下記対策を行うこととした。

(1) 地上支援施設の整備（課題①の対策）

機体の飛行位置・飛行状況・機体情報（テレメトリ信号）及びリアルタイム映像を受信するための電波中継設備（基地局）を複数設置し、基地局から既設光ファイバネットワークを利用して事務所までデータ伝送することで、事務所に設置したモニターで映像を見ながら制御用端末でドローンの監視制御を行う。（図-1）

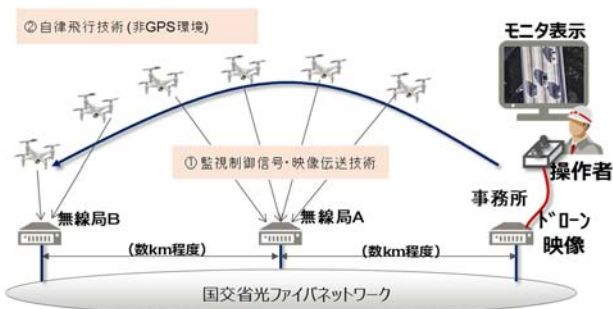


図-1 地上支援施設の構成

ドローンの制御や映像伝送に使用する無線は、市販ドローンのほとんどで2.4GHz帯を使用している。一方、2.4GHz帯は無線LANにも使用されている周波数帯のため、干渉による電波の途絶や想定した通信エリアが確保できないなど、長距離航行での安定した運用には向かない。そこで、今回使用する周波数として、制御・テレメトリ信号伝送用で920MHz帯を、映像伝送用で5.7GHz帯を使用することとした。920MHz帯は伝送容量は少ないが広範囲（十数km）の通信距離があり、安定した通信が可能である。また、5.7GHz帯は伝送容量が大きく、ある程度の範囲（数km）の通信距離があり、高品質な映像伝送が可能である。（図-2）

無線システム名称/無線局種	周波数帯	送信出力	伝送速度	利用形態	無線局免許	備考
ラジコン操縦用無線	73MHz帯等	※1	5kbps	操縦	不要	農業散布での利用が主体
無人移動体画像伝送システム	1.6GHz帯	10mW	～数百kbps	操縦 画像伝送 データ伝送	要	平成28年8月に産業利用として制度整備
特定小電力無線局	920MHz帯	20mW	～1Mbps	操縦	不要※2	操縦用として利用
携帯局	1.2GHz帯	1W	(アナログ方式)	画像伝送	要	空撮等の画像伝送利用
小電力データ通信システム	2.4GHz帯 (2400～2483.5MHz)	10mW/MHz (9W方式は300mW/MHz)	200k～54Mbps	操縦 画像伝送 データ伝送	不要※2	ドローンの操縦・画像伝送等で最も広く使用されている無線システム
無人移動体画像伝送システム	2.4GHz帯 (2483.5～2490MHz)	1W	～数十Mbps	操縦 画像伝送 データ伝送	要	平成28年8月に産業利用として制度整備
無人移動体画像伝送システム	5.7GHz帯	1W	数十Mbps	画像伝送 データ伝送	要	平成28年8月に産業利用として制度整備

※1：500mの距離において、電界強度が200μV/m以下  
 ※2：免許を要しない無線局については、無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを事前に確認し、証明する「技術基準適合証明又は工事設計認証」を受けた無線設備を使用する場合に限る。

※：右図の「技術マーク」が表示された無線設備のみ使用可能である。



図-2 ドローンで使用される主な通信システム<sup>1)</sup>

(2) 画像認識による自律飛行（課題②の対策）

ドローンはGPS等の位置情報を利用して安定した飛行（自動航行、位置保持、自動帰還）を実現しており、GPS等に異常が発生した場合は、制御を失い帰還不能となる可能性がある。そこで、非GPS環境下において自律飛行を行う技術として、カメラ映像から環境を認識して自己位置を推定するVisualSLAMを搭載することとする。VisualSLAMは屋内やトンネルなどの狭い環境での実施事例はあるが、屋外の高高度での利用実績はないため、今回適用可能か検証を行った。

5. 実証実験

(1) 実験内容

本システムの有効性を確認するため、荒川下流河川事務所管内を試験フィールドとして、実証実験を実施した。地上支援施設の実験では、約3kmの区間に基地局を3基（無線局A～C）設置し、事務所から各基地局を使って監視・制御信号の通信及び映像受信を行い、あらかじめ定められたルートの自動航行と万が一の場合に備えた手動での割り込み制御を実施した。基地局は既設光ファイバネットワークを活用して事務所までデータ伝送を行えるよう既設CCTVの伝送装置を介してネットワークに接続した。また、制御用端末の画面とドローンからの映像は、事務所災害対策室の大型表示設備に表示し、マスコミ含め関係者に公開した。（図-3）

VisualSLAMの試験では、機体のGPSを遮断した状態で、カメラ映像からの自己位置推定による高度50mの飛行を実施した。

なお、実証実験の実施にあたっては安全対策として、船舶や歩行者がドローンの航路内に侵入しないよう見張り要員や交通誘導員を配置した上で、チェイス機による追跡監視を実施、さらには自動航行の不具合発生に備え、操作を手動で引き継ぐため、現地に操作要員を配置した。

全長 (プロペラ範囲)	1,173mm
高さ (アンテナ除く)	526mm
飛行速度	水平: 10m/s 上昇: 3m/s 下降: 2m/s
飛行時間	最大35分 (ペイロード0kg時)
最大ペイロード	2.75kg
耐風速	10m/s
防塵防水性	IP54



図-3 使用機体及び飛行ルート

## (2) 実験結果

地上支援施設の実験では、各基地局を切り替えることでテレメトリ信号を受信し、ドローンの位置や飛行状態を常時把握することができた。(図-4) また、手動での割り込み制御により飛行の停止 (ホバリング) や再開をさせることができた。



図-4 テレメトリ画面

映像伝送では各基地局で高画質 (フルHD) の映像 (図-5) を受信し事務所で表示させることができたが、電波の遮蔽物 (水門) の影響でどの基地局からも映像が受信できないエリアが一部確認された。



図-5 ドローンカメラ映像

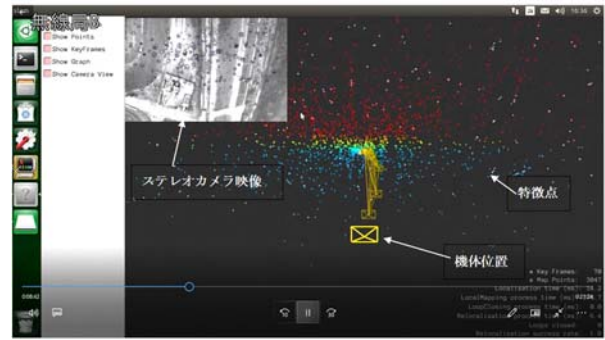


図-6 VisualSLAM処理画面

VisualSLAMの試験では、カメラ画像から地上の特徴点を抽出して自己位置を推定することで、高度50mまでの飛行ができた。しかし、特徴点が抽出しにくい水面や夕方で太陽光が差し込む環境などでは、安定した飛行が難しいことがわかった。(図-6)

## 6. まとめと今後の課題

実証実験により、ドローンの自動航行において、地上支援施設による監視制御・映像伝送の有効性が確認できた。また、VisualSLAMの屋外利用の可能性が確認できた。しかし、実用化に向けては引き続き下記課題について検討する必要がある。

- (1) 今回は各基地局を手動で切り替えることで、監視制御信号の送受信を行ったが、基地局の自動切替 (ハンドオーバー) を実現する必要がある。
- (2) GPS等の位置保持機能不具合発生時の支援機能としては、VisualSLAM以外にも、対空標識 (LED航空灯等) の画像認識によるエリアフェンス機能など検証すべき技術があり、引き続き検討が必要である。
- (3) 機体搭載バッテリーでは滞空時間が不足しており、事務所・出張所管理区間をカバーするためには自動で機体に充電を行うための設備 (充電パット) の検討が必要である。

ドローンを取り巻く情勢は刻々と変化しており、今後も航空法審査要領の改定や操縦者免許制度の創設、上空における携帯電話サービス (5G、LTE実用化試験局) の利用解禁や搭載機器の多様化・高度化など進展が著しい分野である。これらの法令改正や新たな新技術等を踏まえ、引き続き検討を進めていく予定であり、国土交通省が管理するインフラの維持管理や災害時の被災状況把握に必要なドローンの自動航行実用化を目指していきたい。

### 参考文献

- 1) 国交省 HP 「ドローンで使用される主な通信システム」 (<https://www.mlit.go.jp/common/001154535.pdf>)