

消防活動用UAV（無人航空機） 「マルチコプター」を導入

田辺市消防本部消防総務課長

安田 浩二

NPO法人情報セキュリティ研究所

臼井 義美

1 世界遺産のあるまち 田辺市

平成17年5月1日、5市町村の合併により誕生した田辺市は、紀伊半島の南西側、和歌山県の南部に位置し、みなべ町、印南町、日高川町、有田川町、奈良県野迫川村、十津川村、新宮市、古座川町、上富田町、白浜町にそれぞれ隣接しています。

海岸部に都市的地域を形成するほかは、森林が大半を占める中山間地域が広がり、主な水系としては日高川水系、富田川水系、日置川水系、熊野川水系の4水系を抱える、近畿最大の行政区域を有するまちです。気候は海岸部の温暖多雨な太平洋型気候から、山間地における内陸型の気候まで広範囲にわたっています。

また、平成16年7月、「紀伊山地の霊場と参詣道」がユネスコの世界遺産として登録されました。和歌山県、奈良県、三重県にまたがる3つの霊場（熊野三山、高野山、吉野・大峯）とそこに至る参詣道（熊野参詣道・高野山町石道・大峯奥駈道）及びそれらを取り巻く文化的景観が主役です。田辺市は、この世界遺産の中心に位置する市です。

2 「マルチコプター」導入の経緯となった災害

(1) 過去の災害における課題

ア 平成20年新庄町山林火災

平成20年8月22日13時50分頃、新庄町地内の山林から出火、折からの強風にあおられ延焼拡大した。消防職団員約600名が出動、防災ヘリコプターも消火にあたった結果、雑木林約13haを焼損し出火から約20時間後に鎮火した。

火災の最盛期には、延焼拡大する火の手が風下側の住宅にも迫ったことから、現場指揮本部において延焼阻止ラインを設定し、消防隊を集中配置して住宅地方面への延焼阻止を主眼とした活動を下命したが、火災現場が山中であり、延焼範囲も広範であったことから、活動中の消防隊からの無線情報や上空を飛行するヘリコプターからの情報のみでは火災の全体状況を把握するのに時間を要した。ま

た、強風の影響で活動中の部隊の背後に飛び火し、退避が少しでも遅れていれば炎に取り囲まれ非常に危険な状況となる場面もあった。

イ 平成23年台風12号豪雨災害

平成23年9月に本市を襲った台風12号の記録的な豪雨は、市内各地で河川氾濫による水害や山腹の深層崩壊をはじめとする土砂災害等の甚大な被害をもたらした。

9月4日未明に発生した伏菟野（ふどの）地区の深層崩壊による土砂災害では、9世帯27人が罹災し、うち6人が生き埋めとなった。10日までの活動により1人を生存救出したものの残る5人については救出後死亡が確認された。

同じく9月4日早朝に熊野（いや）地区の深層崩壊による土石流では、11棟が全壊、全流出し、3人が行方不明となった。8日までに2人の遺体を発見したが残る1人については発見に至っていない。

どちらの現場も、災害発生の第1報を受け消防職団員が直ちに現場へ臨場したが、深層崩壊した山腹は依然不安定な状態であった。現場指揮本部では、山腹全体の状況を把握する手段がなかったため、二次災害の危険と隣り合わせの中、監視員を配置して活動を続けた。

ウ 平成24年富田川増水による中州での水難事故

平成24年7月12日正午頃、梅雨前線による大雨により富田川が増水し、建設会社作業員5人が中州へ取り残された。天候不良のため防災ヘリコプターと連携した救助活動が行えず、地上部隊単独で救助ボートにより約1時間後に全員無事に救出を完了した。

活動準備中、河川は一段と増水し中洲崩壊の危険が高まる中で、最悪の事態に備えて要救助者に素早く確実に救命具を届けられれば、なお最善であった。

(2) NPO法人情報セキュリティ研究所との共同研究

ア NPO法人情報セキュリティ研究所の概要

情報セキュリティ分野で地方自治体などと連携し、住民の安心と安全のためにICTの活用コンサルタントやシステム構築支援など、公益に資する活動を行っている。

イ マルチコプター共同研究のきっかけ

NPO法人情報セキュリティ研究所と当消防本部とは、情報セキュリティに関する支援のみでなく、防災関連シス



消防研究センターとの実証検証



NPO法人情報セキュリティとの検討会



「マルチコプター」の開発状況

テムの開発等においても協力関係にあった。そうした中、新庄町での山林火災や台風12号災害において課題となった「災害現場における早期情報収集手段の研究」が話題となり、NPO法人情報セキュリティ研究所から無人航空機（以下「UAV」という）の可能性について紹介があった。

- ① マルチコプターやドローンと呼ばれるいわゆるUAVは急激に進歩し、価格も安価となった。
 - ・強力なブラシレスモーター
 - ・大容量リチウムポリマーバッテリー
 - ・加速度センサーとジャイロによる姿勢制御
 - ・GPS、ジャイロ等による位置制御
 - ・高解像度カメラと3軸ジンバルによる空撮
 - ・FPV（リアルタイム映像伝送装置）システムによるリアルタイム画像伝送
- ② 初心者でも操縦が容易である。
- ③ NPO法人情報セキュリティ研究所で機能追加が可能である。
 - ・物品搬送・投下機能
 - ・無線スピーカ機能
- ④ NPO法人情報セキュリティ研究所でメンテナンスや操縦指導が可能である。

(3) 消防研究センターとの情報交換

消防大学校消防研究センターにおいて、防災活動現場でUAVを利用し俯瞰的情報を得る技術開発が進められていることを知り連絡を取ったところ、同センターではすでに機体及びシステムが完成し、実際の現場で実証検証を行っている状況であった。

当消防本部においても消防活動用UAVの共同研究を進めていることを伝えアドバイスをお願いしたところ快諾いただき、同センター研究官3名が当市へ機体を持ち込み、試験飛行を行いながら研究開発に係る情報交換会を開催した。

(4) 紀伊田辺ライオンズクラブの協力

消防活動用UAVの共同研究が進み、1号機を製作することとなった。1号機にあっては、「地域防災に役立ててもらう」との趣旨により紀伊田辺ライオンズクラブから寄贈いただけることになり、NPO法人情報セキュリティ研

究所と同クラブとの間で開発委託契約が締結された。

(5) 当消防本部が1号機に求めた機能及び性能

1号機の製作に際し、当消防本部が求めた機能及び性能は下記のとおり。

- ア ベースの機体については、消防防災活動上で支障を来たさない機種を選定すること。
- イ カメラを取り付け、ハイビジョン動画を撮影し、FPVシステム（電波法適合）によりリアルタイムで画像を伝送し、受信機で画像を見ることができること。
- ウ パソコン等を用い、地図上で飛行経路等を表示させることができこと。
- エ 救命具（1kg未満）を搭載又は吊り下げて飛行でき、及び任意の地点で投下できること。
- オ スピーカを搭載し、飛行中に十分な音量で放送できること。

(6) NPO法人情報セキュリティ研究所での開発状況

ア 基礎的研究

汎用型のUAV（DJI社製Phantom2）を購入し、基本的な機能検討を行うとともに、消防本部が求めた機能及び性能についての検討を行った。また、消防隊員とともに操縦訓練を実施して、機体の操作性等についての検討を加えた。なお、この機体は現在サブ機として活用している。

イ 機体製作

基礎的研究結果を踏まえ、機体製作に取り掛かった。

機体のベースについては、

- ・目的の機能を実現する機器の搭載を可能とするペイロード（可搬重量）1kg～1.5kgの確保
 - ・現場への搬送が容易なサイズ
 - ・Phantom2と操縦方法が類似
 - ・FPVシステムが電波法に適合
 - ・開発経費や維持経費が安価
- などについて検討した結果、タロット社製の機器をベースに自作することとした。

ウ カメラ及びFPVシステム

カメラはGoPro社製Hero3、空撮装置はタロット社製を用いた。また、FPVシステムは、海外仕様の5.8GHzから国内仕様の2.4GHz仕様に変更した。

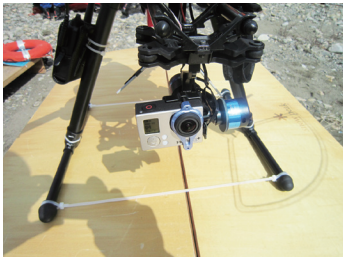
消防活動用UAV（無人航空機）「マルチコプター」を導入



メイン機（タロット社製ベースの自作機）



サブ機（D J I 社製Phantom2）



デジタルカメラ



スピーカシステム



デジタル簡易無線機



プロポ（無線操縦装置）

エ スピーカシステム

- 既製品のスピーカ及びデジタル簡易無線を搭載した。
- ・スピーカ：重量190 g、出力17W、音声到達範囲50m程度、バッテリーで15時間程度運用可能
 - ・デジタル簡易無線：重量200 g、出力5W、通話可能範囲4 km程度

オ 投下装置

プロポ（無線操縦装置）の空きチャンネルを使用して制御できる小型軽量の既製品を搭載した。

カ プロペラガード

機体の安全性を確保するため、高い強度を有するポリカーボネート製プロペラガードを自作した。

3 消防活動用UAVの性能及び機能

(1) メイン機（タロット社製ベースの自作機）

対角（プロペラの両端まで）	1,100mm
高さ（カバー頭頂部から接地面まで）	400mm
重量	約3 kg
飛行可能時間（バッテリー1本）	最大15分
ペイロード	約1.2kg
最大操作範囲	約1 km
搭載装置	デジタルカメラ

	デジタル簡易無線 スピーカ 投下装置
対応業務	災害現場での情報収集 上空からの捜索 物資（軽量）搬送等

(2) サブ機（D J I 社製Phantom2）

対角（プロペラの両端まで）	350mm
高さ（カバー頭頂部から接地面まで）	180mm
重量	約1 kg
飛行可能時間（バッテリー1本）	最大25分
ペイロード	約300 g（バッテリーを含む）
最大操作範囲	約1 km
搭載装置	デジタルカメラ
対応業務	災害現場での情報収集 上空からの捜索

現場運用及び操縦訓練のため、メイン機とサブ機を同時に配備し2機運用体制とした。

4 UAV運用における安全対策等

(1) 安全運用要領の制定

当消防本部において消防活動用UAVを運用するに当た



「マルチコプター」の操縦訓練する消防隊員

り重要視した課題のひとつに「安全対策」がある。

ドローンやマルチコプターと呼ばれるUAVは、近年、性能がめざましく向上し、高解像度カメラの性能向上と相まって比較的容易に空撮が行えることから、多方面で利用されるようになったが、それに比例してUAVが墜落することなどによる事故も多く報告されるようになった。墜落事故の原因としては、バッテリー切れ、風の影響、操縦ミス、電波障害などが考えられるところであるが、いずれにしても飛行物体であることから墜落する可能性を完全に排除することは不可能であるといえる。

消防活動用UAVは、人命危険が発生している現場で運用するものであるが、墜落事故等の2次的被害の発生を可能な限り排除することが必要であることから、当消防本部においては、安全対策を主眼とした「安全運用要領」を制定し、山林、河川、海岸等周囲に人が居ない場所での運用を基本としている。

(2) 事故発生時における損害賠償責任保険

事故発生時には、現在すでに加入している（一財）全国消防協会の消防業務賠償責任保険で対応可能であることを確認した。

5 現場訓練による検証

(1) 操縦訓練による検証

当消防本部で運用している消防活動用UAVは2機ともGPS飛行制御装置を搭載しており、操縦は初心者でも容易である。飛行開始時にはコントローラーの表示部に表示されるGPSの捕捉状況を確認する。

離陸、上昇、下降はスロットルスティックの上下で行い、スロットルスティックを中位に保てばその場でホバリング状態となる。常にGPS位置情報により機体が自動制御されているため、風等の影響があっても安定した飛行が行える。



「マルチコプター」で中州に取り残された人に救命具を投下

着陸は離陸よりも細やかな操作が必要となり、離着陸地点は広く開けた場所であれば操縦が容易でなおかつ安全である。

並行移動（前進後退と左右移動）は、機体が操縦員と同じ方向を向いていれば、エレベータースティックやエルロンスティックを倒す方向と一致するので操作しやすいが、機体と操縦員が対面している場合ではスティック操作が逆になるので混乱する。また、ラダースティックを操作し左右に旋回する場合も同様である。

F P Vシステムを使用すれば、搭載カメラの画像を見ながら飛行させることが可能となり、目視飛行では不可能な遠方までの飛行や建物等の障害物に近づいての飛行も可能となる。また、目視飛行では機体と操縦員が対面したときにスティック操作が逆になるがF P Vを使用すれば画像とスティック操作が同方向となり操作が容易である。

次に飛行開始時の注意点としては、離着陸させるために10m×10m程度以上の範囲で障害物がなく上空が開けた場所が必要となる。これは、離陸時にはGPS衛星を捕捉することが必要であることと、非常時に自動帰還機能（※1）での帰還を想定し、安全な空間を確保しておく必要があるためである。

飛行中の注意点としては、バッテリー残量を常に確認しておくことが挙げられる。特にF P Vシステムを使用して遠方まで飛行させている場合には、帰還に必要な電力を十分確保しておくことが重要である。また、バッテリーパック1本で15分程度の飛行時間となるので、予備バッテリーを4本～5本は確保しておく必要がある。

※1 自動帰還機能：自動操縦により離陸場所へ帰還させる機能のことで、スイッチ操作によって電源投入後最初に記憶したGPS位置座標地点へ自動的に帰還させることができる。また、操縦電波が届かなくなったときも自動帰還機能が働く。

(2) 河川の中州へ取り残されたこと想定した訓練（救命具搬送・投下）による検証

消防活動用UAV（無人航空機）「マルチコプター」を導入

当消防本部の消防活動用UAVの特徴的な機能として、1.2kg程度までの物品を搬送し、現場上空から投下できる仕様となっている。

現場運用しては、まず、救命具を搭載（搭載はパイロットの関係から1着のみとなる。）し、要救助者の付近まで目視飛行を行い、接近時にはFPVシステムにより飛行を行う。救命具の搭載により自重が増加するが操縦に関しては大きな影響を受けない。また、FPVシステムによる飛行では、要救助者に接近が可能となるが、風に流されることによる要救助者への接触を防止するため、上下方向に離隔距離を保つことが大切である。接近後は、スピーカにより消防隊の救助活動の状況説明を行うとともに、救命具の装着方法を伝える。スピーカの音量は十分で音質も明瞭であるため周囲から騒音等があってもまったく問題のないレベルである。

こちらの説明内容が理解できた場合には「○」、分かなければ「×」を手信号で表してもらい、カメラにより確認する。この意思伝達の方法については、スピーカマイクを利用して双方向通話が可能となればさらに有効となるが、電波法上、デジタル簡易無線（351.2MHz-351.38125MHzタイプ）は上空からの送信ができないため一方通話としている。手信号の「○」を確認後、要救助者付近に救命具を投下し、要救助者が着装を完了すれば、着装状況をカメラで確認する。なお、救命具は、着装後に紐を引けば内蔵ボンベから自動的にエアーが充填される。救命具の装着に問題なければ、その後の行動を指示した後、帰還する。

【メリット】

- ・投下装置を使って救命具を要救助者まで素早く届けることができる。
- ・スピーカを使って要救助者に救助隊の活動状況を説明することで落ち着かせ、取るべき行動の指示ができる。

【デメリット】

- ・機体が完全防水となっていないため、雨などにより水が制御部へ浸入したときにノーコンとなる危険がある。
- ・現行のバッテリー1本あたりの飛行時間は15分程度であるが、飛行時間を伸ばすために大容量バッテリーを搭載しようとすれば重量が増加するというジレンマに陥る。
- ・救命具を複数同時に搬送することができない（パイロットの問題）。

(3) 山間部での搜索活動を想定した訓練による検証

山間部での搜索活動では、消防活動用UAVの機能を生かし、上空からの搜索と要救助者への物資搬送が可能となる。

現場運用としては、まず、入手できている情報から搜索飛行範囲を決定し、その近辺で離着陸場所を確保する。次

に山林地図上で搜索飛行範囲をメッシュに区切り、メッシュごとの搜索順と搜索飛行ルートを決定する。搜索開始時には、バッテリー1本あたりの飛行可能時間が長いサブ機を用い、要救助者を発見した場合には、GPS位置座標を地上の救助隊に伝達するとともに、メイン機に飲料水などを搭載し要救助者の位置まで飛行させ、物資の投下及びスピーカを用いての状況説明、行動指示、怪我の有無の確認などを行った後、帰還する。

【メリット】

- ・現場到着後すぐに搜索飛行を開始できる。
- ・防災ヘリコプター等よりも低空飛行で搜索ができる。
- ・騒音が少ないためスピーカからの呼びかけが鮮明に聞こえる。
- ・怪我の有無などの状況が確認でき、飲料水などの搬送・投下ができる。
- ・発見位置のGPS位置座標により地上の救助隊を誘導できる。

【デメリット】

- ・バッテリー1本あたりの飛行時間が短い。
- ・山林内では離着陸場所（障害物がなく上空が開けている場所）を確保しにくい。
- ・主にFPVシステムによる操縦となるので、立木等と接触させないため常に移動方向にカメラを向けた操縦技術が必要となる。

6 消防活動用UAV（無人航空機）「マルチコプター」の課題と今後の展望

マルチコプターやドローンと呼ばれるUAVは、近年の性能向上と価格低下により、消防分野だけでなく多方面で急速に普及し活用されている。一方、システム異常や人為的ミスなどによる事故も発生しており、今後の普及拡大に比例し事故件数も増加すると予想され、機体そのものの安全性や信頼性の向上だけでなく、運用面での操縦技術の向上や安全管理体制の強化、また保険加入など運用者側の姿勢が問われることになると考える。また、国においても、ロボット戦略会議を設置し、平成27年1月には「ロボット新戦略 Japan's Robot Strategy ビジョン・戦略・アクションプラン」を策定し、その中で「災害現場等での利用に期待が高まる無人飛行型ロボット（UAV）の具体的な運用ルール作り」が提言されたところでもある。

UAVは、今後さらに高性能化と低価格化が急速に進み、消防防災分野での活用範囲も広がるものと予想するところであり、全国の消防防災機関において研究及び検証の取組が広がり、その情報を共有することで一層の有効かつ安全な利用が進むことを期待したい。