

無人航空機による資器材搬送等に関する検証

清水 幸平*，木田 哲夫*，町井 雄一郎*

概要

当庁では平成 27 年度に市販の無人航空機を用いて検証を行ったところ、無人航空機に資器材搬送投下装置等を付加することで、林野や河川での災害に活用が見込まれることが分かった。

このことから、本検証では、資器材搬送投下装置を取り付けた無人航空機を用いて、GPS マーカー（親機により子機の位置情報等を把握するための機器）子機及び救命浮環の搬送投下について、林野や河川における災害での活用を想定した実験を行い、資器材搬送投下装置の信頼性、安定性及び消防活動における有効性を確認した。

また、無人航空機で撮影した映像等を当庁配置の通信工作車の衛星通信装置（以下「通信工作車等」という。）を介して本部庁舎等の PC 端末等に伝送し、リアルタイム映像の安定性、鮮明性について確認した。

その結果、無人航空機による資器材搬送投下については、一定の知見を得たとともに、新たな課題等についても明らかになった。通信工作車等を介してリアルタイムで本部庁舎等の PC 端末等に伝送された映像には、途絶は見られず、また、鮮明性に現場モニタとの大きな違いは見られなかった。

1 はじめに

当庁では平成 27 年度に市販の無人航空機を用いて検証を行ったところ、無人航空機に資器材搬送投下装置等を付加することで、林野や河川での災害に活用が見込まれることが分かった。

このことから、本検証では、資器材搬送投下装置を取り付けた無人航空機を用いて、GPS マーカー（親機により子機の位置情報等を把握するための機器）子機及び救命浮環の搬送投下等、林野や河川での活用を想定した実験を行い、資器材搬送投下装置の信頼性、安定性及び消防活動における有効性を確認することを目的とした。併せて、無人航空機で撮影した映像等を当庁配置の通信工作車等を介して本部庁舎及び消防技術安全所の PC 端末並びに本部庁舎内テレビモニタ（以下「本部庁舎等端末」という。）に伝送し、リアルタイム映像の安定性、鮮明性について確認した。

また、平成 28 年 8 月に電波法施行規則（昭和 25 年電波監理委員会規則第 14 号）が改正され、150MHz 帯の動物検知通報システムが人に対して使用できるようになったことから、猟犬用の市販品を GPS マーカーとして用いて実験を行った。

2 実験に使用した無人航空機及び各種資器材等

実験では、平成 27 年度の検証¹⁾で使用した機体に資器材搬送投下装置を新たに取り付けて使用した（表 1）。また、実験で無人航空機が搬送投下する資器材として、山岳救助現場での救助隊と要救助者の早期接触に寄与することを目的に GPS マーカーを選定し、水難救助現場で発見した要救助者の救命と救助隊の早期接触に寄与することを目的に救命浮環（GPS マーカー子機付）を選定した（表 2、表 3）。

表 1 実験用無人航空機と資器材搬送装置



	
<ul style="list-style-type: none">・最大積載重量：500g・操縦端末の操作でサーボモーターが作動し、資器材搬送投下装置が開閉する。・資器材を投下する場合は、操縦端末の電波が到達する範囲内で操作する。	

* 装備安全課

表2 GPSマーカー

 <p>親機</p>	 <p>子機 (緩衝材に梱包)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・電波法令で定める技術基準適合品 ・特定小電力無線 ARIB STD-T99 準拠 ・142.94~142.98MHz、1w 出力 ・親機：270g、IPX5、子機：180g、IPX5/7 ・子機の位置情報、子機の音声の受信が可能。 ・親機は、別の親機への電波中継が可能。 	

表3 救命浮環 (GPSマーカー子機付)

	
<ul style="list-style-type: none"> ・500g (浮輪、ボールケース、子機) ・水面投下後、10秒程度で浮環が膨張。 	

3 実験

(1) 林野における災害を想定した実験

ア 実験場所

明星大学青梅校舎 (青梅市長淵) (写真1)



写真1 明星大学青梅校舎

イ 実験内容

GPSマーカー子機を資器材搬送投下装置に設定した無人航空機で自動航行により飛行を行い、資器材搬送時及び投下時の機体の安定性並びに資器材搬送投下装置の信頼性について確認した。飛行条件は、表4に示す3種類とした。

実験では、機体の構造上、搬送する資器材に長さ1mの紐を取り付け、その紐の端を資器材搬送投下装置に設定することとした。また、飛行中は、GPSマーカー親機でGPSマーカー子機の位置情報等を確認した (写真2、写真3)。



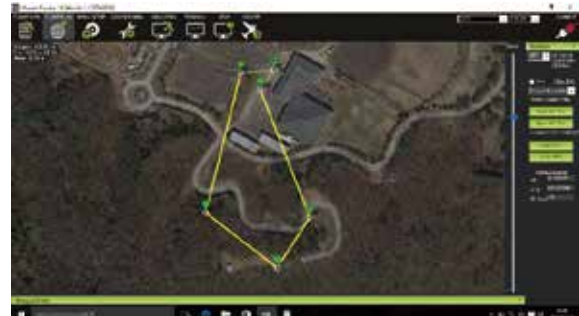
写真2 子機設置状況

写真3 親機設定状況

高所からの投下は、GPSマーカー子機の破損を防ぐため、同重量の投下物で行った。

表4 飛行条件

①林の上空飛行 (飛行高度80m、飛行距離0.6km)



【想定】ドローンは、林の中にある要救助者の上空まで飛行し、GPSマーカーを投下後に帰還する。

②円運動飛行 (飛行高度100m、飛行距離1.9km)



【想定】ドローンは、上空から要救助者を捜索するための飛行を行い、その後帰還する。

③測量飛行 (飛行高度20m、飛行距離1.0km)



【想定】ドローンは、上空から要救助者を捜索するための飛行を行い、その後帰還する。

※地図上の線は、自動航行の飛行経路を示す。

- (2) 河川における災害を想定した実験
 ア 実験場所
 消防学校プール (渋谷区西原) (写真4)



写真4 消防学校プール

イ 実験内容

G P S マーカー子機を付した救命浮環を資器材搬送投下装置に設定し、無人航空機で手動操縦により飛行を行い、資器材搬送時及び投下時の機体の安定性並びに資器材搬送投下装置の信頼性について確認した。
 実験想定を表5に示す。

表5 実験想定

①湖沼・河川で、がれきに紛れた要救助者をドローンのカメラで発見
②ドローンから救命浮環 (G P S マーカー付) を投下
③G P S マーカー親機で要救助者の位置を確認
④要救助者を救出

(3) 通信工作車等を介した映像伝送実験

無人航空機で撮影した映像及び現場P C画面を通信工作車等を介して本部庁舎等端末に伝送し、リアルタイム映像の安定性、鮮明性について確認した。自動航行の飛行条件は、表4中、②及び③とした。

通信工作車等を介した映像伝送の概要図を図1に示す。また、資器材設置状況を写真5に示す。

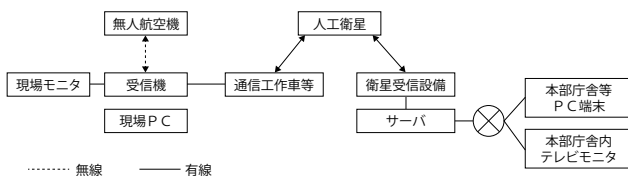


図1 映像伝送の概要図



写真5 資器材設置状況

4 実験結果

各実験時の風速は、ほぼ無風であった。

(1) 林野における災害を想定した実験

実験では、以下のことについて確認した。無人航空機によるG P S マーカー子機搬送状況を写真6に示す。

- ・無人航空機に取り付けたG P S マーカー子機の電波による飛行への影響は、見られなかった。
- ・搬送時及び投下時に資器材搬送投下装置の不具合は見られなかった。
- ・飛行中、吊り下げ用の紐又はG P S マーカー子機が翼等と接触することはなかった。
- ・飛行中は、紐で吊り下げたG P S マーカー子機が前後左右に振れるが、機体が制御を失うようなことはなかった。
- ・投下時にG P S マーカー子機が狙ったところに落下しないケースがあった。
- ・G P S マーカー子機の位置情報等は、途絶することなくG P S マーカー親機で確認できた。



写真6 G P S マーカー子機の搬送状況

(2) 河川における災害を想定した実験

無人航空機による救命浮環の搬送状況を写真7、無人航空機で撮影した要救助者の状況を写真8に示す。

実験では、以下のことについて確認した。

- ・搬送時及び投下時の資器材搬送投下装置に不具合は見られなかった。
- ・搬送時及び投下時に、機体が制御を失うことはなかった。

・救命浮環の膨張に、GPSマーカー子機を取り付けたことによる不具合は見られなかった。



写真7 救命浮環の搬送状況



写真8 要救助者状況（機体カメラの内部記録映像）

(3) 通信工作車等を介した映像伝送

通信工作車等を介してリアルタイムで本部庁舎等端末に伝送した撮影映像を写真9、写真10に示し、伝送した現場PC画面を写真11に示す。また、実験では、以下のことについて確認した。

- ・本部庁舎等端末に表示された伝送映像に、途切れは見られなかった。
- ・本部庁舎等端末の伝送映像と現場モニタ映像の鮮明性に大きな違いは見られなかった。
- ・本部庁舎等端末の伝送映像は、現場モニタ映像より1～2秒程度の遅れが見られた。



写真9 無人航空機撮影映像①



写真10 無人航空機撮影映像②



写真11 現場PC画面（飛行経路設定画面）

5 考察

(1) 林野における災害を想定した実験

GPSマーカー子機の搬送投下により飛行に大きな影響は見られなかったこと、及び資器材搬送投下装置自体に不具合等も見られなかったことから、GPSマーカー子機の搬送投下のための活用は見込まれると考えられる。ただし、本検証で使用したGPSマーカーの発する電波による飛行への影響はなかったが、使用するGPSマーカーごとに飛行に対する電波の影響を十分に確認する必要があると考える。

本実験では、機体の構造上の問題で長さ1m程度の吊り下げ紐を用いて搬送投下を行ったが、機体が方向転換する際に吊り下げたGPSマーカー子機が振れ、機体を不安定にさせるおそれもあることから、吊り下げ紐は、出来る限り短いものが良いと考えられる。

投下時にGPSマーカー子機が狙ったところに落下しないケースが見られたことから、投下する際は、極力風に流されないように低い位置のホバリングから投下する等の飛行計画が必要と考えられる。

GPSマーカーは、高所からの投下及び要救助者の使用を考慮すると、耐衝撃性を備えた、人を使用対象とするものが必要になると考えられる。

(2) 河川における災害を想定した実験

無人航空機による救命浮環（GPSマーカー子機付）の搬送投下により、飛行に大きな影響は見られなかった

こと、及び資器材搬送装置自体に不具合等も見られなかったことから、救命浮環投下のための活用は見込まれると考えられる。ただし、本検証で使用したGPSマーカの発する電波による飛行への影響はなかったが、使用するGPSマーカごとに飛行に対する電波の影響を十分に確認する必要があると考える。

資器材の投下は、操縦端末の電波が到達する範囲内で操縦端末の操作により行うため、電波が途絶する場所を自動航行で飛行中に資器材を投下することはできない。例えば、多摩川河口付近の川幅は約620m、検証で用いた操縦端末の電波到達距離は約500mであるため、対岸で資器材を投下させることはできない。今後、資器材の投下操作をプログラム等により自動で行うことができれば、操縦端末の電波到達状況に関係なく投下でき、より広範囲での活用が見込めると考えられる。

(3) 通信工作車等を介した映像伝送

本部庁舎等端末に表示された伝送映像に途絶が見られなかったこと、及び鮮明性に現場モニタ映像と大きな違いが見られなかったことから、無人航空機で撮影した映像をリアルタイムで本部庁舎等端末へ伝送するための通信工作車との連携は、支障ないと考えられる。

通信工作車との連携における屋根上で無人航空機を操縦するイメージを写真12に示す。



写真12 通信工作車の屋根上で操縦（イメージ）

6 まとめ

(1) 本検証では、無人航空機の資器材搬送投下装置の活用を検討するにあたり、林野や河川における災害を想定し、GPSマーカや救命浮環（GPSマーカ子機付）を用いて実験を行った。その結果、以下のことを確認した。

- ・搬送及び投下により、機体及び資器材搬送投下装置に不具合は見られなかった。
- ・GPSマーカ子機の電波による飛行への影響は、見られなかった。
- ・通信工作車等を介してリアルタイムで本部庁舎等端末に伝送した映像に、途絶は見られず、また、現場モニタとの鮮明性に違いは見られなかった。

(2) 実験では、以下に示すいくつかの課題点が抽出されたが、これらの課題点を改善することで、災害現場でのより効果的な無人航空機の活用が期待される。

- ・GPSマーカは、高所からの投下及び要救助者の使用を考慮すると、消防活動では、耐衝撃性を備えた、人を使用対象とするものが必要になると考えられる。
- ・投下操作をプログラム等により自動で行うことができれば、操縦端末の電波受信状況に関係なく投下が可能になり、より広範囲での活用が見込めると考えられる。

7 おわりに

今後、無人航空機で消防活動上使用する様々な資器材搬送に対応するために、より大きなペイロードが求められ、大きなペイロードを機体に確保するには、機体重量やバッテリー重量の増加等が必要不可欠になり、飛行の手軽さや持ち運び易さには不利になる要素も出てくるとも考えられる。よって、多目的な機体1機の保有のみならず情報収集や資器材搬送等、目的別の機体を運用することも選択肢の一つと考えられる。

[参考文献]

- 1) 山越靖之ほか2名：無人航空機の導入に関する基礎的検証、消防技術安全所報第53号、pp.46-55、2016年9月

Study on the Transportation of Materials by an Unmanned Aerial Vehicle

Kouhei SHIMIZU*, Tetsuo KIDA*, Yuuichirou MACHII*

Abstract

In our 2015 study with an off-the-shelf unmanned aircraft, the Tokyo Fire Department (TFD) found that a device for transporting and dropping materials would be useful in case of disasters in woodland or river locations.

With this in mind, we conducted an experiment using an unmanned aerial vehicle equipped with such a device. Our plan was to use it to transport and drop GPS markers (that enable base units to determine the location of portable devices) and life rings during disasters that affect woodland and river locations. We then confirmed the device's reliability, stability and effectiveness related to firefighting efforts.

Additionally, we confirmed the stability and clarity of the real-time images that the unmanned aircraft filmed and transmitted to the PC terminals, etc. in the TFD headquarters via the satellite communications equipment in the TFD's communications control vehicle.

As a result, we obtained the data on transporting and dropping materials with unmanned aerial vehicles as well as new issues. We did not notice any disruptions in the real-time images transmitted to the headquarters' PC terminals via the communications control vehicle, nor did we see any significant differences in clarity compared to onsite monitors.

*Equipment Safety Section