

ドローン前提社会の実現に向けたモデル事業 実施報告書

海、山、河川等における防災訓練を通じたドローン活用事例の検証

株式会社エムテックス

2020年7月4日作成



報告概要

- 1 会社概要
 - 2 ドローン事業の紹介
 - 3 提案の趣旨
 - 4 実施内容
 - 5 搜索飛行前の重点訓練項目検証報告
 - 6 搜索飛行本番の検証報告
 - 7 検証結果
 - 8 事業の成果
- <参考> 実施費用等

1 会社概要

商号 株式会社エムテックス
設立 平成4年4月3日（1992年）
資本金 払込資本 2,500万円
代表者 代表取締役社長 松田 武

業種

情報通信技術サービス事業/電気通信工事業/一般派遣事業/登録点検事業

主要取引先（順不同）

NEC(日本電気株式会社) NECスペーステクノロジー(株) 協和テクノロジーズ(株)
三和電子(株) 日本エレクトロニクスシステムズ(株) 富士通ネットワークソリューションズ(株)
(株)東芝 (株)シーエスイー 東芝電波プロダクツ(株) 防衛省(陸上自衛隊)
UQコミュニケーションズ(株) KDDIエンジニアリング(株) (株)多摩川電子
(株)TOKAIコミュニケーションズ JFEテクノス(株) (公財)横浜市建築保全公社
東芝通信インフラシステム(株)



2 ドローン事業の紹介

情報通信インフラ、ネットワーク、宇宙衛星搭載機器の設計システム開発・機器製造/検査/品質保証で培った技術を礎に、ドローンを利用したあらゆる技術サービスに対応します。

実績

- SoftBank：ドローンを用いた高度毎の電波伝搬実証実験
- 港北警察・港北区：テロ対策及び大規模災害時協定締結及び訓練参加
- JFEテクノス：ドローンによる公共施設工事記録
- 横浜市建築保全公社：ドローンによる横浜市公共施設建物点検・診断
- 道の駅、新工場、工場設立記念、ドッグラン施設等のドローン空撮及び、プロモーションビデオ映像編集
- LUSSドローンスクール開校（出張スクールのみ）



3 提案の趣旨

【背景】

2018年以降、神奈川県警港北警察との「テロ対策及び災害情報の提供に関する協定」、港北区役所との「大規模災害時における無人航空機を活用した協力に関する協定」を締結し、毎年港北警察署とは「風水害対策訓練」を、港北区役所とは「新横浜帰宅困難者対策訓練」、「東綱島地域防災訓練」を通じて災害時協力体制を維持、強化を行った。特に2019年6月に行った神奈川県警警備部危機管理対策課対策第一係即応対策チーム、港北警察警備課との合同訓練では、対策本部の指示に従いドローン操縦士が確実に飛行を遂行する重要性を体感した。

【課題】

実際の海、山、河川等で起こった災害時にドローンが機能する為には、神奈川県行政、県警、消防等と緊密な連携を取り、ドローンを活用する事を前提とした実効性の高い訓練及び検証を積む事が重要と考え提案に至った。

4 実施内容①

【日時】

令和2年5月22日（金）13時～16時

【場所】

小田原市久野地内
久野林道及び「塔ノ峰青少年の家」跡地等

【実施体制】

現場責任者 1名 SUSC無人航空機操縦士1級/インストラクター資格

操縦者 1名 SUSC無人航空機操縦士1級/インストラクター資格

安全対策要員 1名

ドローン DJI Phantom4 PRO+ 1機

DJI MATRICE210 RTK-B 1機



4 実施内容②

【対象訓練】

小田原市主催

ドローンを活用した県・市・民間合同訓練

【合同訓練におけるエムテックスのミッション】

土砂災害の発生を確認後、回転翼ドローンを持参のうえ土砂災害現場に参集し、救出想定現場まで回転翼ドローンを飛ばし、生存者の確認、避難指示までを行う。

【ミッション達成への訓練重点項目】

- (1) 現場の状況を把握し、安全安心に飛行を行う
- (2) 山間部の場合、木々による電波障害、GPS等の測位衛星数の不足を考慮
- (3) 目視外飛行が前提となる事から、電波遅延による障害物発見遅れの対策
- (4) ドローンが機能不全に陥る事を前提とした対策を立てる
- (5) ドローンが得た情報の関係機関への伝達方法確立

5 搜索飛行前の重点訓練項目検証報告①

(1) 現場の状況を把握し、安全安心に飛行を行う

安全・安心な飛行を行う為の重要ポイント

- 現場周辺の気象状況のチェックと時間経過に伴う気象予測を行い、問題無しと判断した。
- 飛行前の日常点検シート項目を全てチェックし、飛行に問題無しと判断した。
- 飛行場所周辺の地形を観察した結果、周囲が木々に囲まれ、災害場所が離陸位置より高い位置であると判断した。
- 障害物の有無について、高い木々や高圧線・鉄塔がある事を確認した。
- 人通り、交通量については現地到着後、人、車の通りは無く安全対策要員を配置する事で問題無しと判断した。
- 訓練時点での航空改正法について理解し遵守した。

5 搜索飛行前の重点訓練項目検証報告②

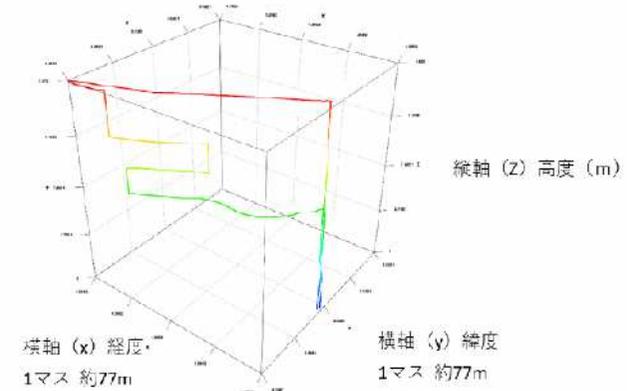
- (2) 山間部の場合、木々による電波障害、GPS等の測位衛星数の不足を考慮
高圧線、鉄塔などが原因となる電波障害についてチェックを行い、飛行させるには十分の電波電界強度と映像信号が得られると判断した。GPSについては衛星数把握アプリ（GNSSView）を使用し、訓練場所上空に受信視界としてGPS衛星（アメリカ）10機以上、GLONASS衛星（ロシア）6機以上が確保できる事を把握。ドローンの送信機の測位衛星受信数情報も、離陸ポイントから相対高度0mで平均8機、80m上空で平均16機を補足し飛行に問題無しと判断した。
- (3) 目視外飛行が前提となる事から、電波遅延による障害物発見遅れの対策
- 制御信号、映像信号品質の事前確認をPHANTOM4PRO+を飛行させてトレンドを把握した。
調査結果は次頁に記す。

5 搜索飛行前の重点訓練項目検証報告③

【PHANTOM4PRO+による電波環境調査結果】

- ①高度80mで飛行した結果、離陸ポイントから土砂災害想定方向へ250mの距離で制御信号が途絶え、機体がLOST。ドローン安全機能によりRTH (Return To Home) が発動しホームポイント (離陸時の場所GPS信号により測距したポイント) に自動飛行が行われた。その際、飛行前に予め設定した高度100mまで自動で上昇。離陸ポイントから161mの距離で制御信号が復帰した。GPSは常時平均16~17機を補足。
- ②RTH機能解除後、高度118mでリトライ。離陸ポイントから277mの距離で映像信号の減衰が見られた為、高度を改正航空法限界の149mまで上昇させた。
- ③高度149mで飛行した結果、映像信号が復帰。離陸ポイントから331mの距離で制御信号が途絶え、機体がLOST、RTHが発動した。
- ④離陸ポイントから214mの距離まで帰還したところで制御信号、映像信号が復帰した。
- ⑤RTH機能解除後、高度149mを保ったまま手動操縦で離陸ポイントまで誘導。無事に着陸。

ドローンの飛行記録から得られた緯度経度高度情報の3次元グラフ



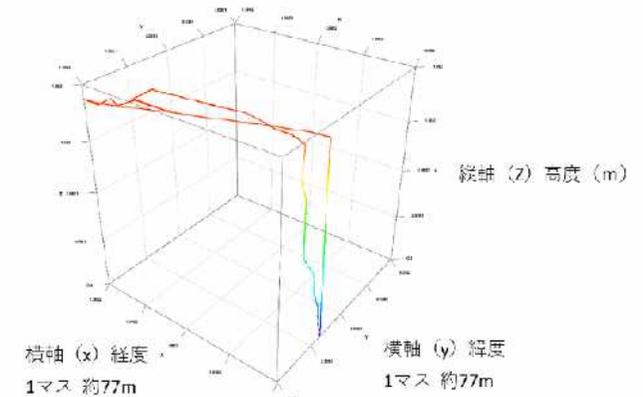
5 搜索飛行前の重点訓練項目検証報告④

【電波環境調査結果から得られた訓練本番の対策】

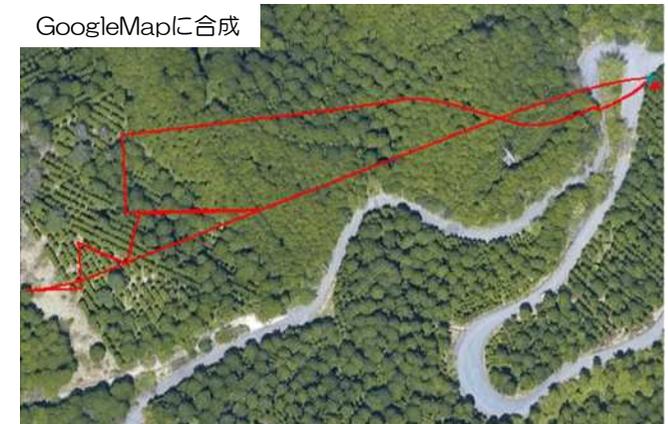
搜索用ドローン、MATRICE210RTK-Bを飛行させる条件を下記の通り定めた

- 高度を予め改正航空法限界の高度149mとする。
※相対高度150m未満
- 離陸ポイントからの最大距離は300m前後であることを想定し飛行させる。
- 最大距離300mから離陸ポイント上空に帰還する必要な時間は加速度を若干考慮しても1分。バッテリーの最悪残量残り時間を5分と定め、それを超える前に飛行中止し帰還させると定めた。

搜索訓練本番時の緯度経度高度情報の3次元グラフ



GoogleMapに合成



5 搜索飛行前の重点訓練項目検証報告⑤

- (4) ドローンが機能不全に陥る事を前提とした対策を立てる
前述(3)の調査結果から得られた情報から、ドローンがLOSTとなるポイントを見定め、信号復帰となるポイントまで送信機の状態を冷静に観察し、制御信号が復帰したと同時に手動に切り替える手段を行う。万が一手動復帰が出来ない場合でもRTH機能が安全に働くことを予めの設定で確認した。送信機のアプリケーションソフトが落ちた場合でも、早期に再起動を冷静に行うことを想定し飛行させる。
- (5) ドローンが得た情報の関係機関への伝達方法確立
録画された映像や災害現場での伝達方式については、どのような形が良いかを小田原市に御考慮頂き指定された形式とする。
例) 記憶媒体(USB、SDメモリ等)に収納し引渡し。特定のクラウドサーバーへのアップロードなど。

6 搜索飛行本番の検証報告①

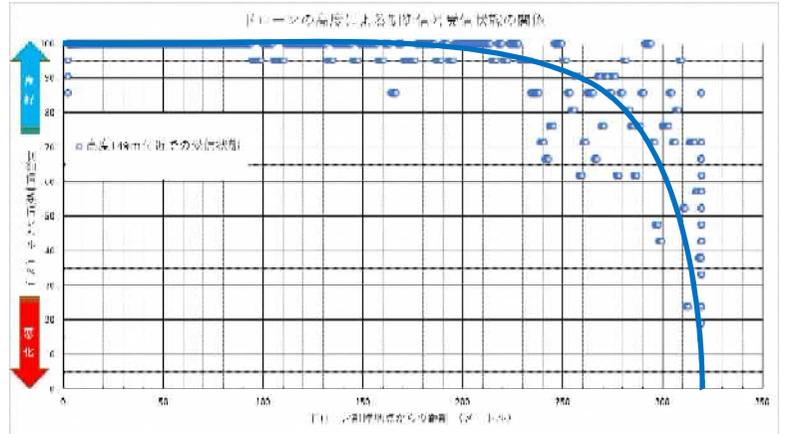
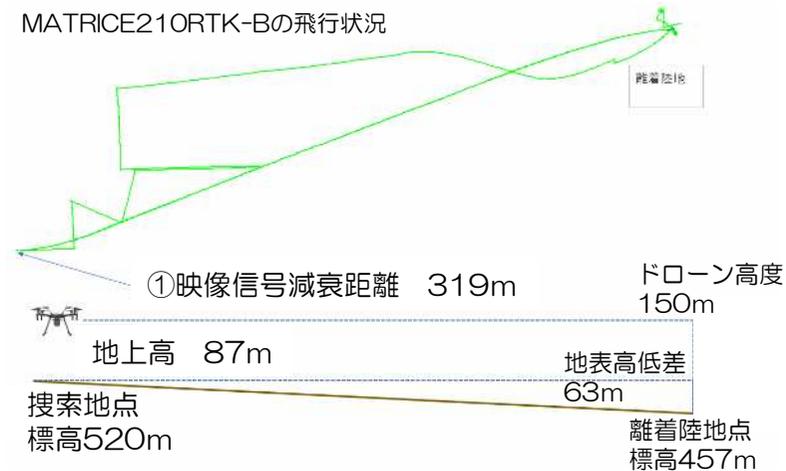
【本訓練での山間部電波受信環境-1】

MATRICE210RTK-Bの飛行記録から得られた、ドローンと送信機間の制御（ドローンのコントロール）信号受信状態をグラフ化（右下図）した。

右上の図は飛行記録から得られた飛行経路と離陸ポイントからの標高差による高度の状態を表す。

右下のグラフは高度149mでの受信状態を表す。ブルーの電波受信状態のドットからトレンドを線で表した通り、離陸ポイントからの距離が320m付近でドローンの制御が困難な受信レベルになる。映像信号は300m以上で不安定となった。

MATRICE210RTK-Bの飛行状況



6 搜索飛行本番の検証報告②

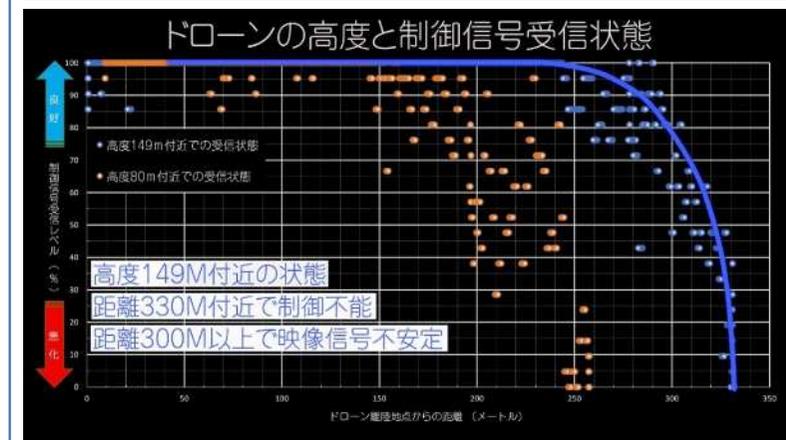
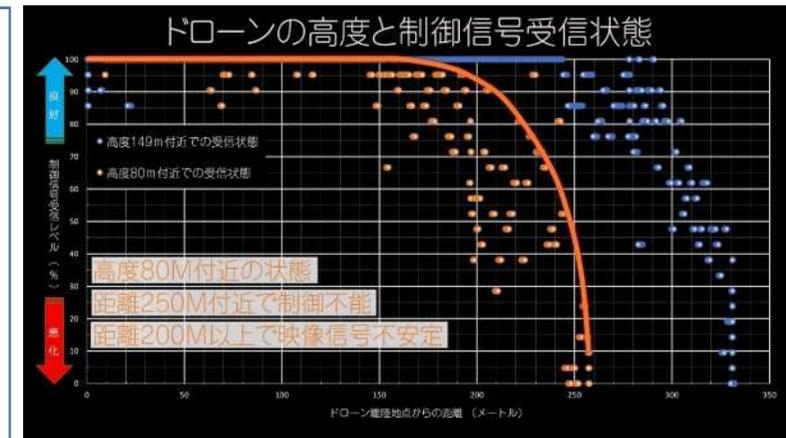
【本訓練での山間部電波受信環境-2】

事前の電波環境調査で使用したPHANTOM4PRO+の飛行記録から得られた、ドローンと送信機間の制御（ドローンのコントロール）信号受信状態をグラフ化した。

右上のグラフは高度80mでの受信状態を表す。オレンジの電波受信状態のドットからトレンドを線で表した通り、離陸ポイントからの距離が250m付近でドローンの制御が出来ない受信レベルになる。映像信号は200m以上で不安定となった。

右下のグラフは高度149mでの受信状態を表す。ブルーの電波受信状態のドットからトレンドを線で表した通り、離陸ポイントからの距離が330m付近でドローンの制御が出来ない受信レベルになる。映像信号は300m以上で不安定となった。

※MATRICE210RTK-Bと同様の結果が得られた



6 搜索飛行本番の検証報告③

【赤外線カメラの検証報告-1】

ドローンで搜索を行う前に遭難者検出範囲の予測をする必要がある。今回使用したDJI Zenmuse XT2の仕様から、大人の遭難者を画面上で4ピクセルの大きさで撮影する為の検出可能距離は約209mで、この距離以内で遭難者を探す必要がある。

ドローンを使用した遭難者搜索では高度とカメラの角度によって検出範囲が変わる。今回の訓練では離陸ポイントの飛行環境と電波環境を考慮すると高度100m以上が必須である事から、高度を120mとした時の検出範囲を予め考慮した。カメラの角度が30°、45°、60°の3パターンとした場合、右上図のSPEC LINE（赤の点線）の範囲でのみ検出が可能である事から出来る限りカメラの角度は45°以上を心掛けて飛行させた。

ドローンで遭難者を搜索する為の赤外線最大検出可能距離

■ FUR DJI Zenmuse XT2を使用した場合のFootprint

【 高度 / カメラの俯角 / レンズと解像度 】

640 × 512 : 19mm Lens

Detection Range 200m (4ピクセル)

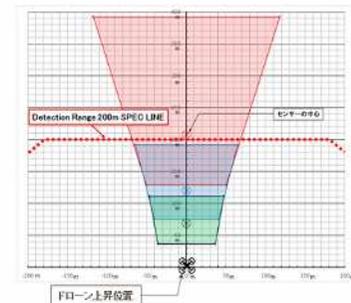
ドローンの高度を120m上昇させた場合

カメラアングルによるSlant Pathとセンサーの中心位置

60° Down : Slant Path=139m センサー中心= 69m

45° Down : Slant Path=170m センサー中心=120m

30° Down : Slant Path=240m センサー中心=208m



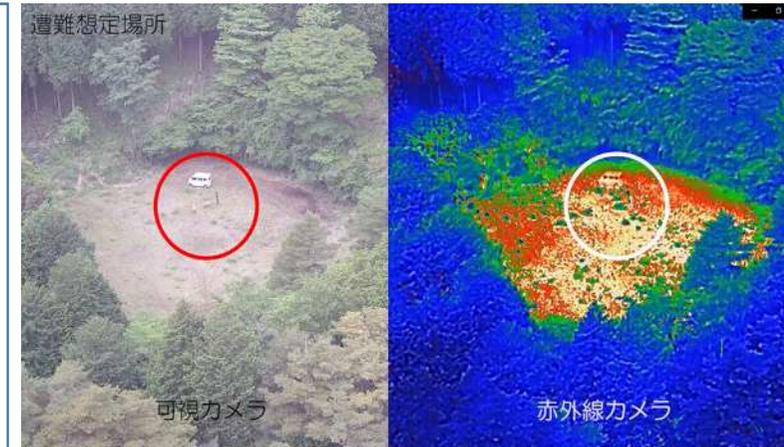
- **Detection (検出)** : 4ピクセル 
- **Recognition (認識)** : 12ピクセル 
- **Identification ranges (識別範囲)** : 24ピクセル 

6 搜索飛行本番の検証報告④

【赤外線カメラの検証報告-2】

訓練実施時の気温は24℃、体温は約36℃、温度差 $\Delta T=12℃$ となる。但し、太陽からの放射エネルギーで、どの程度の時間、太陽光が直接、或いは間接的に大地に降り注いだかを考慮すると、搜索開始が午後14:43である事から日照量が十分に大地に吸収されたと考えるべきである。実際の赤外線カメラの映像を確認しても分かるように、地表面と遭難者の体温の温度差が少なくまた、服から露出している部分も少ない事から、赤外線カメラでは認識が困難であった。

また、ドローンの映像品質が著しく低下した為、赤外線映像解析を行う為の撮影記録方式に切り替える事が出来なかった。さらに、搜索時には右下の写真の様に赤外線パレットはホワイトホット、ブラックホットが適しているがその切り替えも出来なかった。



7 検証結果①

山間部の搜索における課題と対応策

課題

- (1) 災害現場から低い（見通しが悪い）位置から離陸する場合、森林が電波を遮蔽しドローンの信号の減衰が特定の距離から急激に悪化する。
- (2) 映像信号は制御信号より早く悪化する事から、目視外飛行の範囲が狭くなる事を予め想定しなければならない。
- (3) 操縦不能となった際、ドローンの安全機能を理解し、冷静な操縦対応が必須。最悪のケースではドローンが墜落し2次被害を引き起こす可能性がある。

参考：搜索訓練の編集映像（動画）

<https://youtu.be/59j3inGLu2c>

7 検証結果②

山間部の捜索における課題と対応策

対応策

- (1) 災害現場より低い位置から離陸する場合、予め高度を上げておく。災害時では150m以上の高度での飛行も想定し、ドローンとの通信を確保する。（国土交通省へは事後報告）但し、150m以上の飛行にはドローンに搭載するカメラはズーム機能が必須となる。
- (2) 電波法の特採が認められれば、ドローンの送信出力を上げる。或いは、災害時に利用できるドローン等も含めた電波中継器の利用。
- (3) 操縦不能となった際の対処方法を平常時から訓練し、いざという時に備える。

7 検証結果③

実際の訓練を終えての反省点

ドローンの電波環境の急激な悪化に伴い、操縦者と安全確認者がドローンの状態確認に集中した為、行政側の情報共有が事後となってしまった。ドローンの安全確保を第一優先とした結果ではあるが、情報伝達という一番重要なミッションが果たせなかった事が最大の反省点である。又、ドローンが想定以上のバッテリー消費をした為、安全領域であるバッテリー残量を確保できなかった時があった。結果は無事に着陸までのエネルギー確保は出来たが、悪条件が重なった事により、遭難者を見つける事と、ドローンの状態を安全に保つ事に精一杯で、冷静な判断が鈍った。

遭難者側の立場から考察したドローン搜索のメリット

ドローンの音が大きい事で救助に来ている事が分かり、遭難者に安心感を与える。

ドローンにスピーカ機能を併用する事で、遭難者との意思疎通が出来れば、救助時間の短縮が図れる。

8 事業の成果

検証結果から得られた、山間部でドローンによる遭難者捜索を行う最善シナリオ

発災から12時間以内に最善を尽くす！！

小田原市内山間部にて土砂災害が発生

NPO法人クライシスマップーズ・ジャパンによる小田原市内の空撮による地図情報の取得、マッピングデータの作成

地図情報を元に小田原市災害対策課に警察、消防等災害関連機関とドローンチームが参集。緊急対策会議開催

土砂災害発生場所を特定し、事前に調査したドローンの電波見通し距離の最適離陸場所を選出

最適離陸場所移動前に、ドローンの送信機に地図情報をダウンロード

ドローンチームに加わった防災対策課からドローンで得た情報の発信

ドローンによる赤外線捜索を行う場合は、離陸前に赤外線パレットをブラックorホワイトホットに切り替える

ドローンが遭難者を発見した場合、その位置情報を元に、予め準備したスピーカー機能を有したドローンを飛行させ現場の遭難者とコンタクトを取る

遭難者の状態を救助担当機関に情報を発信し共有する

<参考> 実施費用等

項目	内容	金額
人件費-1 (1日)	現場責任者・操縦士 2名	60
人件費-2 (5日)	飛行記録解析・映像編集	150
機材費 (1日)	ドローン2機・赤外線カメラ・ズームカメラ等	66
車両費 (2日)	燃料費・高速代	13
管理費	管理・保険・メンテナンス	3
計		289

(千円)

※本事業における参考価格であり、内容、規模、期間等により金額は異なります。

