

ドローン活用信州モデル創出補助金

※長野県指令6D第126号

事業名

災害時に孤立集落となる可能性が高い地域への、
測量用ドローンを用いた災害時物資輸送の検証

報 告 書 (抜粋版)

令和7年2月

株式会社みすず総合コンサルタント

目 次

1. 背景と目的	1
(1) 実証実験の目的	1
(2) 孤立集落の定義の条件	1
(3) 孤立可能性集落（農業集落）について	2
2. 災害時における航空法の適用について	4
(1) 捜索、救助のための特例（航空法 132 条 92）について	4
(2) 航空法 132 条 92 の留意点	5
(3) 132 条 92 の特例を適用しても除外される条項	5
(4) 測量用ドローンに緊急輸送物資を搭載させるための 機体改造について	6
(5) 本実証実験に使用する機体の例	7
(6) 軽微な改造に含まれる運搬可能重量	7
(7) 「ドローンによる医薬品配送に関するガイドライン」 の一部改正について	8
3. 想定される輸送物資とドローンの積載可能重量	10
(1) ドローンの積載可能最大重量	10
(2) 想定輸送物資	10
4. 測量用ドローンにおける物資輸送方法の検討	11
5. 試験飛行	13
(1) 試験概要	13
(2) 飛行場所、日時	13
(3) マトリス 350 吊下げシステムの検証	15
6. 緊急輸送が必要な孤立集落の特定	16
(1) 上田市で抽出した孤立集落	16
(2) ドローンによる緊急輸送物資が必要となることが 想定される箇所	16
7. ドローン飛行ルート	17
(1) 机上調査・現地確認	17
8. 実証実験	19
(1) 飛行方法	19
(2) 荷受け場所	19
(3) 実証実験の状況	20
(4) 空撮	21
(5) 航空法の申請	22
(6) 報道	23
9. 測量用ドローンを用いた災害物資輸送計画	24
(1) 事前にドローンの飛行計画を作成する場合の作業フロー(案)	24
(2) 測量用ドローンの改造申請	25
(3) 発災後のタイムスケジュール	26
(4) ドローンによる孤立集落への緊急物資輸送計画調書(案)	27
10. 社会実装に向けた課題と今後の対応	28

1. 背景と目的

(1) 実証実験の背景と目的

近年の異常気象により、従来の予想を大幅に超えた人命にかかわる豪雨災害が多発しており、大きな社会問題となっている。

豪雨災害によって孤立する地域については、一定の条件があり、事前に対策を講じておくことは防災・減災対策として必須であると考ええる。

県内の具体的事例として、令和元年に発生した東日本台風（台風19号）では、比較的小規模な河川の上流域が氾濫し、孤立地域となった箇所も多々あり、上田市武石地域では、河川の氾濫により集落外と結ぶ道路が損壊し、268世帯、586人が孤立した。

災害時における孤立地域において、最も優先すべきことは、人命に係る物資を供給することである。しかし、既に行われている多くの実証実験や災害現場における物資輸送の検証は、何れも大規模災害を対象としたものであり、使用するドローンも大規模で特殊な機体が殆どで、民生用のドローンが普及している現在においても物資輸送に利用できるドローンは限られている。

そこで、本実証実験では、地域で活躍する測量用のドローンを最大限活用し、災害時に孤立する可能性がある地域に物資の輸送が可能であるか検証し、災害時に地域の測量会社が「効果的・効率的な支援」が実施できるように必要な基礎データを収集して、今後の取り組みに資する報告書を作成することを目的とする。

(2) 孤立の定義と条件

孤立の定義と条件は、「中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況フォローアップ調査（平成26年10月）」【内閣府政策統括官(防災担当)】（以下「孤立集落可能性調査」と記す）に記載された定義と条件を参考とした。

① 孤立の定義

本調査での孤立の定義は、中山間地域、沿岸地域、島嶼部などの地区及び集落において、以下の要因等により、道路交通及び海上交通による外部からのアクセス（**四輪自動車**で**通行可能かどうかを目安**）が途絶し、人の移動・物資の流通が困難もしくは不可能となる状態とする。

- ・地震、風水害に伴う土砂災害や液状化等による道路構造物の損傷、道路への土砂堆積
- ・地震動に伴う液状化による道路構造物の損傷
- ・津波による浸水、道路構造物の損傷、流出物の堆積
- ・地震または津波による船舶の停泊施設の被災

② 孤立の条件

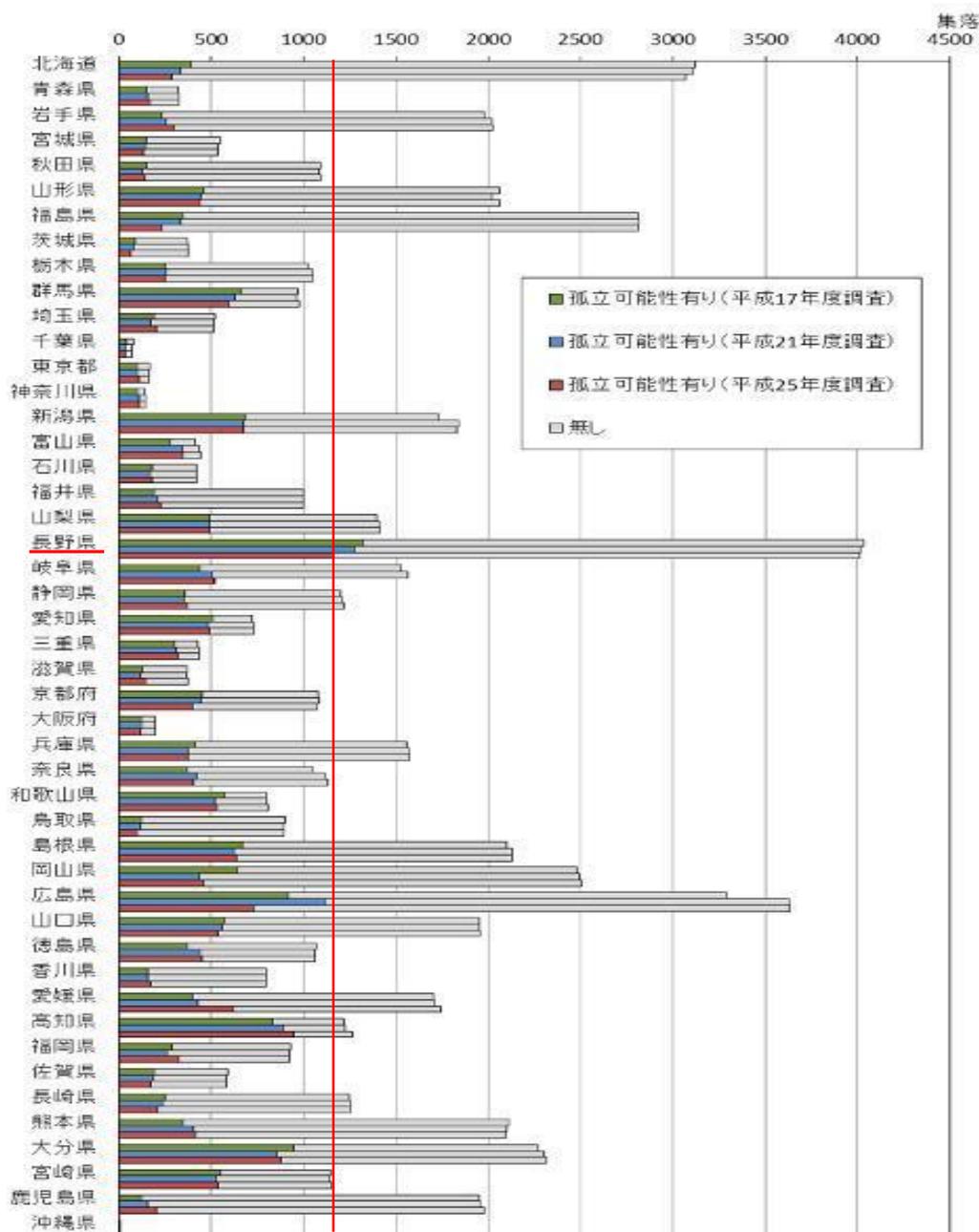
本調査では集落の孤立可能性を判断する上で、以下の条件を基本とした。

- ・集落へのすべてのアクセス道路^{※1}の一部区間が、**土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域、土砂災害危険箇所（土石流危険渓流、地すべり危険箇所、急傾斜地崩壊危険場所）**又は**山地災害危険地区**に隣接している。
- ・地震または津波により船舶の停泊施設が使用不能となるおそれがある。

※1 外部から集落まで四輪自動車アクセスできる道路

(3) 孤立可能性集落数（農業集落）について

「孤立集落可能性調査」の結果では、全国の孤立可能性集落数（農業集落）は、17,212箇所ある。このうち長野県は、1,163か所あり全国で一番多い。



また、孤立可能性のある集落が交通途絶となる要因としては、ほとんどが「地震、風水害に伴う土砂災害による道路構造物の損傷、土砂堆積」である。土砂災害以外の道路交通の途絶の要因としては「液状化」（約6%）や「津波」（約5%）が挙げられている。

孤立可能性のある集落の人口については、50人以下の集落が比較的多い。人口規模の小さな集落ほど高齢者の割合が大きい傾向があることから、孤立の可能性のある集落は、高齢者の割合も多い。

日常における備蓄等の対策状況については、次頁の通りであり備蓄率の低い生活用品は①医薬品、②簡易トイレ、③水（災害時の浄水器）等があげられ、情報通信手段としては④無線電話があげられている。

孤立可能性のある集落の避難施設、備蓄等の対策の有無（農業集落）

		平成17年度調査	平成21年度調査	平成25年度調査
避難施設（公民館、集会所など）	避難施設有り	-	65.7%	66.2%
	耐震性有り	15.1%	16.7%	21.4%
	非常電源の確保有り	1.8%	2.4%	6.4%
水・食料の備蓄	飲料水の備蓄有り	4.1%	4.1%	5.0%
	食料（主食）の備蓄有り	6.2%	6.1%	7.4%
生活用品等の備蓄	医薬品等の備蓄有り	11.3%	5.8%	6.8%
	毛布の備蓄有り	12.5%	6.8%	8.6%
	投光機の備蓄有り	12.0%	9.6%	12.7%
	テントの備蓄有り	15.5%	10.5%	10.4%
	防水シートの備蓄有り	11.7%	7.2%	7.1%
	組立・簡易トイレの備蓄有り	-	1.7%	3.6%
	浄水装置の備蓄有り	-	1.5%	2.1%
情報通信手段有り		37.8%	44.7%	48.1%
情報通信手段の整備状況	衛星携帯電話有り	1.5%	2.3%	7.4%
	孤立防止用無線電話(ku-1ch)有り	2.2%	1.6%	1.8%
	簡易無線機有り	2.3%	1.3%	2.4%
	消防団無線有り	24.9%	19.5%	18.7%
	防災行政無線有り	-	27.2%	28.6%
	アマチュア無線有り	-	1.4%	1.1%
	その他の手段有り	12.8%	7.0%	8.4%
情報通信機器の扱いの状況	平時からの操作訓練の実施有り	-	35.1%	48.1%
	操作マニュアル・手引き有り	-	38.7%	58.5%
通信設備に障害が発生した場合の他の連絡方法有り		-	8.1%	8.7%
ヘリコプターの駐機スペース有り		17.4%	17.7%	18.0%
（駐機スペース無しで）ホイスで昇降できる場所有り		-	57.4%	61.0%
避難計画（もしくはマニュアル）有り		8.7%	10.9%	10.3%
受援計画（もしくはマニュアル）有り		1.3%	1.0%	0.8%
自主防災組織有り		45.5%	64.3%	73.8%
訓練の実施	情報伝達訓練有り	-	24.4%	34.0%
	避難訓練有り	-	29.6%	39.7%
	救助救出訓練有り	-	12.1%	12.0%
	消火訓練有り	-	32.7%	33.9%
	水防訓練有り	-	4.7%	5.8%
	図上訓練有り	-	4.2%	6.0%
	その他の訓練有り	-	3.9%	6.8%
救助資機材の備蓄	バール有り	-	10.8%	11.9%
	ジャッキ有り	-	6.2%	7.1%
	可搬ウィンチ・チェーンブロック有り	-	2.1%	2.1%
	斧・なた有り	-	7.2%	7.5%
	のこぎり有り	-	7.8%	8.2%
	チェーンソー・エンジンカッター有り	-	4.2%	5.2%

2. 災害時における航空法等の適用について

(1) 捜索、救助等の特例について

航空法第 132 条 92 では、災害時における捜索、救助等の特例が規定されている。

(捜索、救助等の特例)

第百三十二条の九十二 第百三十二条の八十五、第百三十二条の八十六（第一項を除く。）及び第百三十二条の八十七から第百三十二条の八十九までの規定は、都道府県警察その他の国土交通省令で定める者が航空機の事故その他の事故に際し捜索、救助その他の緊急性があるものとして国土交通省令で定める目的のために行う無人航空機の飛行については、適用しない。

また、「無人航空機に係る規制の運用における解釈について（令和 6 年 11 月 29 日最終改定）」（航空局安全部無人航空機安全課長）P10、P11 では、以下のように記載されている。

8. 捜索、救助等の特例

航空法第 132 条の 92 は、事故や災害等の発生時における人命の捜索、救助等が極めて緊急性が高く、かつ、公共性の高い行為であることから、当該捜索、救助等に支障が出ないよう、航空法第 132 条の 85 による無人航空機の飛行の禁止空域に関する規定や航空法第 132 条の 86 による飛行の方法に関する規定などの適用を除外することにより、捜索又は救助等の迅速化を図ることを趣旨としたものである。

本特例については、航空法施行規則第 236 条の 88により、以下の者に対して適用される。

- ・国又は地方公共団体
- ・国又は地方公共団体の依頼により捜索又は救助を行う者

また、国土交通省令で定める目的については、航空法施行規則第 236 条の 89 により、「捜索又は救助」と定められているが、本規定における「捜索又は救助」とは、事故や災害の発生等に際して人命や財産に急迫した危難のおそれがある場合において、人命の危機又は財産の損傷を回避するための措置（調査・点検、捜査等の実施を含む。）を指しており、当該措置をとることについて緊急性がある（※）飛行については、本特例が適用されることとなる。

（※）緊急性がある場合とは、飛行の許可・承認申請の対応窓口への申請を行う手段又はいとまがない状況であること。

特に大規模災害発生時においては、多数の道路の寸断や集落の孤立が発生する可能性があることから、被災地の孤立地域等への医薬品、衛生用品、食料品、飲料水等の生活必需品の輸送、危険を伴う箇所での調査・点検のほか、住民避難後の住宅やその地域の防犯対策のための無人航空機の飛行も含め、人命の危機又は財産の損傷を回避するための措置として、航空法第 132 条の 92 に該当する飛行として取り扱うものとする。

なお、特例の対象となる飛行においても、飛行の安全性を確保することは言うまでもないことから、「航空法第 132 条の 92 の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の運用ガイドライン」（平成 27 年 11 月 17 日付国空航第 687 号、国空機第 926 号）を参考にしつつ、無人航空機の使用人又は操縦者は、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれないよう安全の確保を自主的に行う必要がある。

災害時における測量用のドローンを用いた緊急物資の輸送については、単独の判断で行われることはなく、国や地方公共団体の依頼があった場合に行うものであることから、本実証実験では、基本的には「航空法 132 条 92 による特例」に基づくことを前提としている。

(2) 航空法第 132 条 92 の留意点

「航空法第 132 条の 92 の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の運用ガイドライン（令和 6 年 11 月 29 日最終改定）」（航空局安全部無人航空機安全課長）では、具体的な運用方法が記載されている。

特に以下に示す「目的」の内容に留意しなければならない。

<p>1. 目的</p> <p>航空法第 132 条の 92 並びに同法施行規則第 236 条の 88 及び同規則第 236 条の 89 の適用を受け、国若しくは地方公共団体又はこれらの者の依頼を受けた者（以下「特例適用者」という。）が航空機の事故その他の事故に際し捜索、救助の目的のため無人航空機を飛行させる場合であっても、<u>特例適用者が第一義的に負っている安全確保の責務を解除するものではなく、極めて緊急性が高くかつ公共性の高い行為であることから、救助等の迅速化を図るため無人航空機の飛行の禁止空域（航空法第 132 条の 85）、飛行の方法（航空法第 132 条の 86（第 1 項を除く。）、）、第三者が立ち入った場合の措置（航空法第 132 条の 87）、飛行計画（航空法第 132 条の 88）及び飛行日誌（航空法第 132 条の 89）に関する規定の適用を除外していることに留意する必要がある。</u></p> <p><u>このため、特例適用者の責任において、その飛行により航空機の航行の安全（注 1）並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれないよう許可等を受けた場合と同程度の必要な安全確保を自主的に行って、無人航空機を飛行させる必要がある。</u></p> <p>本運用ガイドラインは、航空法第 132 条の 92 の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の安全確保の方法を示すことにより、特例適用者における効果的な安全確保の運用に資することを目的とするものである。</p> <p>（注 1）航空法第 132 条の 92 の適用を受ける場合であっても、航空の危険を生じさせる行為等の処罰に関する法律（昭和 49 年法律第 87 号）の規定は適用される。</p>

特例適用者（例えば測量業者）は、災害時であっても飛行許可等を受けた場合と同程度の必要な安全確保を自主的に行う必要があるため、緊急時における安全確保を迅速に行うためには、孤立集落となることが予想される地域については、予め飛行計画を立てることが望ましいと考える。

(3) 132 条の 92 の特例を適用しても除外される条項

132 条の 86 第 1 項については、特例から除外される。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">○ 132 条 86 第 1 項一 アルコール又は薬物の影響により当該無人航空機の正常な飛行ができないおそれがある間において飛行させないこと。二 国土交通省令で定めるところにより、当該無人航空機が飛行に支障がないことその他飛行に必要な準備が整っていることを確認した後において飛行させること。三 航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するため、無人航空機をその周囲の状況に応じ地上に降下させることその他の国土交通省令で定める方法により飛行させること。四 飛行上の必要がないのに高調音を発し、又は急降下し、その他他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと。 |
|---|

この内、二の「当該無人航空機が飛行に支障がないこと・・・」については、緊急輸送物資を搭載して飛行することに支障がないことを「無人航空機登録要領」に従った、機体の登録と運用が必要である。

また、登録要領に従って飛行した場合でも、想定する輸送に対して事前に飛行を確認することも必要となる。

(4) 測量用ドローンに緊急輸送物資を搭載させるための機体改造について

※ 国土交通省航空局安全部無人航空機安全課に物資搭載における機体改造について問い合わせを行い以下に整理した。

① 測量用のドローンが物資を搭載させるための改造をしても飛行に支障がないことその他飛行に必要な準備が整っていることを確認しなければならないため、航空法第132条の92を適用する場合であっても、機体登録の条件は満たさなければいけない。

② 無人航空機に物資を輸送するためには、物資を取付けるための部分的な機体改造を行う必要があるが、機体の「無人航空機登録要領」に示された範囲の重量であれば「**軽微な改造**」として、**緊急時の申告は不要**である。

③ 軽微な改造の範囲については、機体の製造区分によって異なり「無人航空機登録要領」では、以下の3区分となっており、機体の製造区分に応じた申請が必要となる。

- a. メーカー機 改造なし
- b. メーカー機 改造あり
- c. 自作した機体 上記以外の機体(※)

※ドローンメーカーが製造した機体でも、メーカー側が国土交通省に申請していない場合は、自作した機体となる。

「無人航空機登録要領（令和6年12月2日改正）」（航空局）P7, P8より

軽微な改造（物資輸送のために新たな申請が必要とならない）の条件は以下のよう
に整理できる

① 「a. メーカー機の改造していない機体」場合

機体製造者が使用を認めている部品（オプション部品等）を装着して輸送する場合は、製造者の申告する範囲内で改造申請は不要

② 「b. メーカー機の改造した機体」又は「c. 自作した機体」の場合

最大離陸重量、寸法の変動が±10%未満であれば改造申請は不要

多くの測量用ドローンは、「メーカー機の改造していない機体」で登録しているものと思われるが、物資輸送を想定した場合には、所有者が申請する部品を装着した「改造した機体」として変更申請することが必要である。

変更申請した「メーカー機の改造した機体」については、最大離陸重量の±10%未満であれば、緊急時においても申請は不要となる。

(5) 本実証実験に使用する機体の例

当社で保有する機体（実証実験に使用する機体）の例を以下に示す。

① ファントム4プロ

機体の製造区分 メーカー機(改造した機体)

当初の登録申請は、「メーカー機 改造なし」であったため、輸送用の小物入れを装着した改造申請を行い変更登録した。



② マトリス 350RTK

機体の製造区分 メーカー機(改造した機体)

当初の登録申請は、「メーカー機 改造なし」であったため、輸送用の小物入れを装着した改造申請を行い変更登録した。



③ プロドローンPD8AW

機体の製造区分 自作した機体・その他



(6) 軽微な改造に含まれる運搬可能重量

機体	製造区分	最大離陸重量× 1.1(10%増)	機体重量	運搬可能重量※4
ファントム4 プロ	メーカー機 改造あり※1	1.5×1.1 =1.65kg	1.4kg	0.25kg 未満
マトリス 350RTK	メーカー機 改造あり※1	9.2×1.1 =10.12kg	7.27kg※2	2.85kg 未満
プロドローン PD8AW	自作した機体	18.0×1.1 =19.8kg	18.0kg※3	1.80kg 未満

※1 メーカー機の「改造なし」から「改造有り」への変更は、申請の翌日に手続きが完了。

※2 機体重量にはカメラ等を含まない

※3 機体重量には赤外線カメラ等を含む

※4 運搬可能重量には運搬装置も含む

- (7) 「ドローンによる医薬品配送に関するガイドライン」の一部改正について
ドローンによって医薬品を配送する場合には、「ドローンによる医薬品配送に関するガイドライン（2024年4月一部改訂）」（厚生労働省）に従う。
ガイドラインでは、「災害時については柔軟に対応して差し支えない」ということが記載されている。

第1章 趣旨

本ガイドラインは、

- ・ 卸売販売業者、店舗販売業者若しくは配置販売業者（以下「医薬品販売業者」という。）又は薬局が、医薬品販売業者、薬局又は医療機関（病院若しくは診療所のことをいう。以下同じ。）に対して、ドローンを用いて医薬品を配送する場合
- ・ 薬局又は医療機関が調剤された薬剤を患者（患者の看護に当たっている者を含む。以下同じ。）に対して、ドローンを用いて配送する場合（薬局及び店舗販売業者が一般用医薬品を販売する場合を含む。）

を対象に、配送元となりうる医薬品販売業者、薬局及び医療機関並びにドローンを用いて配送を行う者（配送を自ら行う医薬品販売業者、薬局又は医療機関及びこれらの者から委託を受けて配送を行う配送事業者をいう。以下同じ。）が留意すべき事項を定めるものである。

本ガイドラインは、ドローンを用いた医薬品の配送の実施状況を踏まえ、必要に応じて見直しを行うこととする。

なお、災害時において緊急に医薬品を配送する必要があると認められる場合には、医薬品の品質保持や配送先への確実な授与等がなされることを前提に、本ガイドラインの留意事項も踏まえつつ、状況に応じて柔軟に対応して差し支えない。

一方、基本的事項に関する追加的留意事項として、

薬局開設者及び薬剤師は、患者に適切な薬剤を確実に授与する観点等から、調剤した薬剤の品質の保持及び患者への確実な授与に係る責任を負っており、ドローンを用いた薬剤の配送については、患者の同意を得た上で、当該薬剤の品質の保持や患者への確実な授与等がなされる範囲で実施可能である。(2) に示す事項を含め考慮・検討を行い、配送方法としてドローンを用いた薬剤の配送が最も適切な手段であって、患者が希望する場合にのみ、ドローンを用いた薬剤の配送を選択すること。また、患者が従前の配送方法も含めて、複数の配送方法から費用負担も勘案して自由に配送方法を選択できるようにし、費用負担の大きい配送方法を強いられることのないよう十分に配慮すること。

上記より、災害時においてドローンを使用する薬剤の配送は、ドローン以外では配送困難な場合にのみ用いることが前提であると考えられる。

また、下記のチェックシートについても、災害時においては柔軟に対応する中で、できる限り準拠することが必要である。

(別紙) ドローンを用いた医薬品配送の留意事項について チェックシート

点検日【 】 前回点検日【 】
 点検担当者【 】 前回点検担当者【 】※公表時は役職名でも可

※求められる事項を満たしている場合又は同等以上の対応を行っている場合にチェックを付けること。

確認事項

項目番号	内容	チェック	対応内容詳細(公表不要)
1 基本的事項			
(i)	配送する医薬品の品質確保、事業者又は患者への速やかで確実な授与等の観点から他の配送手段と比較検討を行い、ドローンを用いることが最も適切な手段であることを確認している。		
(ii)	ドローンを用いた医薬品配送事業について、サービス提供地域における医療提供関係者と連携・協議の上で事業計画を作成し、当該計画について関係者の理解を得ている。		
2 医薬品販売業者又は薬局から、医薬品販売業者、薬局又は医療機関に対して医薬品を配送する際の留意事項			
(1) 事業計画及び業務手順書の作成			
(i)	下記の①～③の内容を踏まえ、事業計画及び事業計画において決定した配送方法を確実に実施するための業務手順書を作成している。		
① 配送の対象とする医薬品			
(i)	配送を行う医薬品について、流通管理及び品質管理の観点からドローンによる配送が可能であることを確認している。		
② 配送する医薬品の品質や安全性の確保			
(i)	医薬品の梱包、ドローンへの搭載、対象地点への配送、医薬品の取出しの全ての過程について、業務手順書において手順が定められている。		
(ii)	医薬品の品質が保持される方法で梱包、配送を行っている(温度管理、振動・衝撃の程度等)。		
(iii)	複数の貨物を混載する場合、医薬品と医薬品以外のもの(食品、生活用品等)を区別して梱包している。		
③ 配送先への確実な配送			
(i)	ドローンが大雨、強風等により運航ができないことを想定し、配送をドローンのみに依拠するような体制とせず、緊急時における代替方法を確保している。		
(ii)	リアルタイムで飛行状況・位置情報等を管理するとともに、墜落・不時着時に速やかに捜索・回収を行うことができる体制を整備している。		
(iii)	墜落・不時着等によりドローンによる配送ができなかった際に、速やかに代替措置を講じて医薬品を配送することができる体制を整備している。		
(iv)	落下物の拾得者が開封できないような措置を講じるとともに、関係者以外には開封厳禁の旨及び拾得時の連絡先を記載している。		
(v)	(i)～(iv)について、薬局、医薬品販売業者又は医療機関との契約書において明記している。		
(2) 事業の実施			
(i)	配送元との契約書において、事業計画において決定した方法が確実に実施されるよう、講じる措置及び責任の所在について明記している。		
(ii)	薬局、医薬品販売業者又は医療機関から、ガイドラインの遵守状況の確認を受けている。		
3 医療機関又は薬局から患者への配送を行う際の追加の留意事項			
(i)	患者に対して配送、受取方法(代替の方法、費用負担についての内容を含む。)について説明し、患者の選択、同意に基づいて配送を行っている。		
(ii)	患者が従前の配送方法も含めて複数の配送方法から、費用負担も勘案して自由に配送方法を選択できるようにし、コストの費用負担の大きい配送方法を強いられないことのないよう十分に配慮している。		
(iii)	梱包について、服用する具体的な薬剤が第三者から分からないようにするなど患者のプライバシーに配慮している。		
(iv)	患者が薬剤を直接受け取る場合、専用の鍵付きロッカーを用いるなど、確実に本人が受け取ることが可能な方法を用いている。		

要件を満たさない項目について		チェック
以下の項目について、サービス提供地域の医療提供関係者と協議を行っている		
項目番号	対応が不要な合理的な理由	

3. 想定する輸送物資とドローンの積載可能重量

(1) ドローンの積載可能最大重量

本実証実験で使用したドローンの積載可能最大重量は、以下の通りである。

ドローン	積載可能最大重量	備考
マービックミニ	45 g	参考値（純正プロペラガード程度）
ファントム 4 Pro	250 g	
マトリス 350RTK	1950 g	カメラ搭載後
P D 8 - A W	1800 g	

(2) 想定輸送物資

想定輸送物資の想定重量は、以下の通りである。

品名	想定重量 (g)	備考
① 医薬品	20～1000	
② 簡易トイレ	250	
③ 防災用浄水器	50～500	
④ 無線電話	500～1000	
⑤ 水	350～2000	
⑥ メモ用紙等	5～10	必要物資の連絡メモ用

物資の例

防災用浄水器



簡易トイレ



小型無線機



救急箱、エビペンケース



4. 測量用ドローンにおける物資輸送装置

測量に使用されるドローンは、物資を輸送するための装置を搭載していないため、緊急時において簡易的に取り付けられる輸送方法を検討した。

なお、輸送方法の検討に当たっては、汎用的に入手できる材料を用いることを条件とした。

(1) マービックミニ：積載可能最大重量 45 g

特別な部品を設けずに直接機体にゴムバンドで固定。



市販の飲み薬

1箱 20g (未開封) × 2箱

ゴムバンド

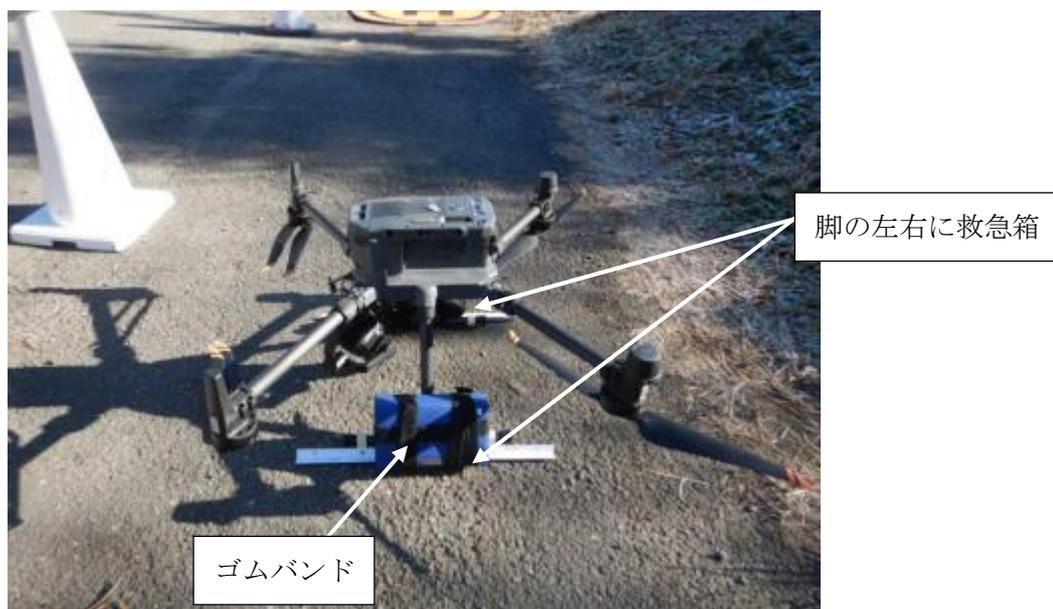
(2) ファントム4 PRO：積載可能重量 250 g



ゴムバンド

プラスチックケース

(3) マトリス 350 : 積載可能重量 1,950 g



(4) PD8-AW

搭載可能重量 1,800 g



5. 試験飛行

(1) 試験概要

試験飛行は、各ドローンについて無荷の状態と荷重した状態とでバッテリー残量と飛行時間について検証した。また、荷重状態での物資搭載システムの安定性についても検証した。

飛行場所：上田市 市民の森公園グラウンド

試験日時：令和6年10月18日 9:00~16:00

(2) 検証結果

試験飛行結果を表5.2、図5.1に示す。

検証の結果、DJI製のドローンでは、バッテリー容量に対する飛行時間は、最大可能積載重量まで荷重した場合には、80%程度まで短縮されることが解った。また、プロドローン製のPD8については、90%程度まで短縮される。この違いについてはバッテリー容量の差によるものと考えられる。また、荷重状態での飛行は、安定していることを確認した。

表 5.1 各ドローンのバッテリー容量

ドローン	バッテリー容量
マービックミニ	2,600mAh
ファントム4PRO	5,870mAh
マトリス350	5,880mAh
PD8-AW	16,000mAh



マービックミニ



ファントム4PRO



マトリス350



PD8-AW

表 5.2 ドローン毎の飛行時間

マービックミニ						
載荷重量 (g)	バッテリー残量 (%)			飛行時間 ② (秒)	②/① (S/%)	無載荷に対 する比率
	離陸時	着陸時	①残量差			
0	90	24	66	550	8.3	100%
20	90	14	76	540	7.1	85%
40	90	14	76	515	6.8	81%
ファントム 4 PRO						
載荷重量 (g)	バッテリー残量 (%)			飛行時間 ② (秒)	②/① (S/%)	無載荷に対 する比率
	離陸時	着陸時	①残量差			
0	94	27	67	886	13.2	100%
210	97	27	70	718	10.3	78%
マトリス 350						
載荷重量 (g)	バッテリー残量 (%)			飛行時間 ② (秒)	②/① (S/%)	無載荷に対 する比率
	離陸時	着陸時	①残量差			
0	97	62	35	757	21.6	100%
710	70	16	54	1033	19.1	88%
1190	62	36	26	460	17.7	82%
PD8-AW						
載荷重量 (g)	バッテリー残量 (%)			飛行時間 ② (秒)	②/① (S/%)	無載荷に対 する比率
	離陸時	着陸時	①残量差			
0	95	38	57	587	10.3	100%
1940	95	36	59	592	10.0	97%

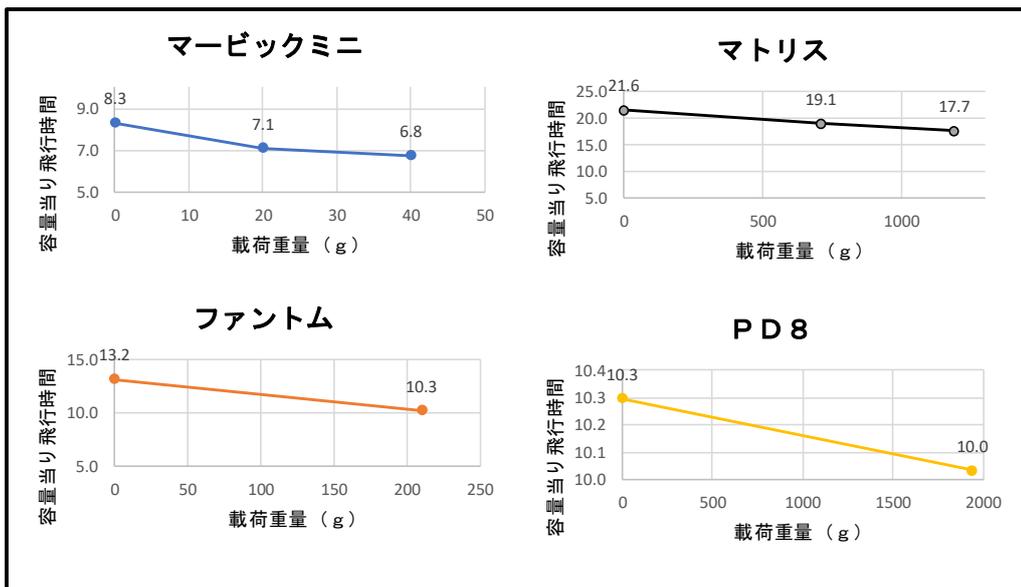


図 5.1 飛行時間と載荷重量

(3) マトリクス350吊下げシステムの検証

マトリクス350は、メーカー公認の吊下げ・投下システムがあり、これを搭載した投下試験を行った（落下高さ1m以内）。



吊下げ・投下システム



吊下げ離陸



目標地点到達



物資投下

物資の重量は600g程度の救急靴であったが、飛行は安定しており、実際の現場でも活用できることを確認した。

6. 緊急輸送が必要な孤立集落の特定

(1) 上田市で抽出した孤立集落

実証実験を行う孤立集落は、平成26年に上田危機管理防災課で抽出された市内の孤立集落想定箇所から選定する。

(2) ドローンによる緊急輸送物資が必要となることが想定される箇所

本実証実験では、ドローンによる緊急物資輸送が必要となる条件は、上田市が抽出した個所に加えて以下の条件を追加した。

- ① 集落に到達するアクセス道路が1方向しかなく、その道路が土砂災害特別警戒区域に隣接している。

※条件設定理由

同時に複数の土砂災害が発生する機会は比較的少ないと想定されるため、一方の道路が通行止めとなった場合でも他方の道路を利用することが可能であれば、物資輸送はできるため。

- ② 土砂災害が発生した場合に、閉塞等によって通行不能となる構造物（橋、ボックス等）が存在している。

※条件設定理由

土石流の場合には、構造物によって閉塞され大規模な災害となるケースが多いことが想定されるため。

- ③ 土砂災害が発生した場合に、人力においても集落に到達する道路も閉鎖される（または、人の通れる道もない）。

※条件設定理由

孤立集落に人力によって到達可能であれば、小規模な物資であればドローンよりも迅速に運搬できると考えられるため。

実証実験は、上田市内で以上の条件を満たす孤立集落を2所選定し、図6.1に示す角間地区で実施した。



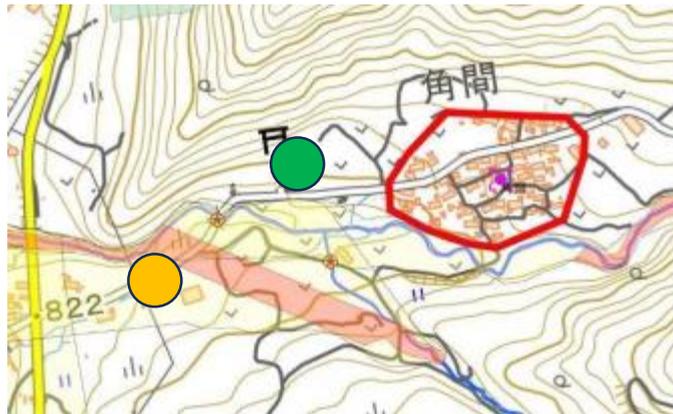
7. ドローン飛行ルート

ドローンを飛行させるルートは、以下のリスクを考慮し現地調査を踏まえて決定した。

ドローンの飛行に際してのリスク

- ① 支障（視通、立木、鉄塔等）物件の有無
- ② 通信環境の事前確認
- ③ 通行止め想定区間を考慮した離発着場所

(1) 机上調査・現地確認



土砂災害警戒区域、特別警戒区域：信州くらしのマップより



離発着場所

荷受け場所

Google 航空写真より



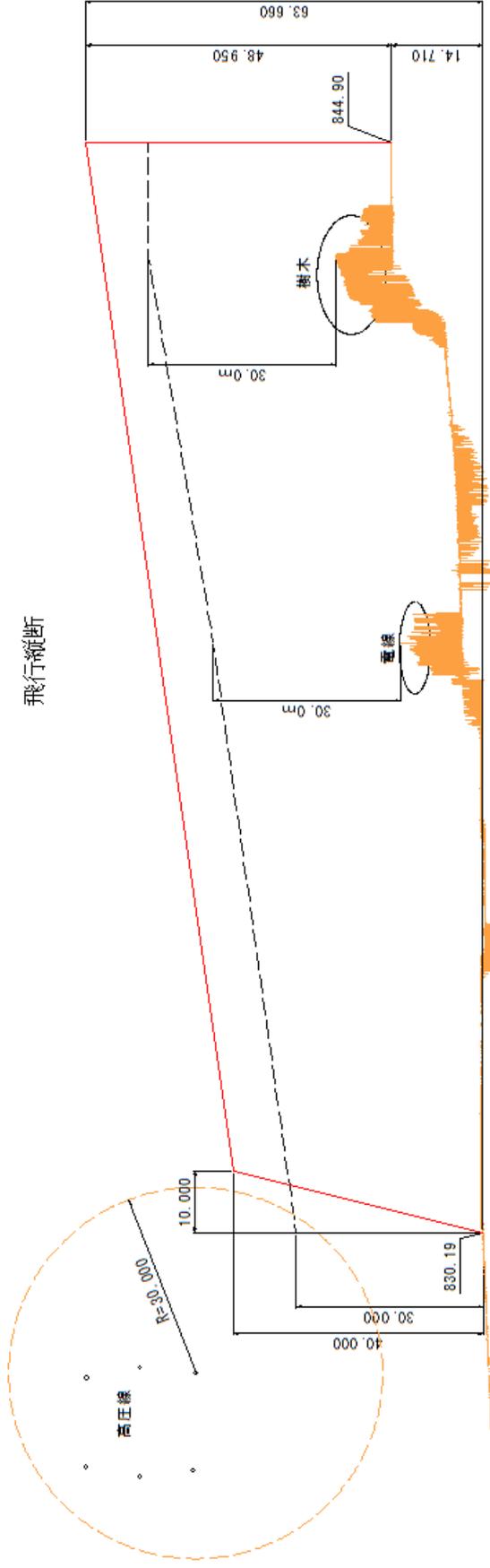
駐車場



角間区民広場

現地調査写真

既存のLPデーター（長野県林務部、長野県建設部）等のオリジナルデーターから支障物を考慮した飛行ルートの縦断検討を行う



DL=820.00

LPデーターから作成した飛行ルートの縦断図

座標値 (VIII系)

場所	X	Y	Z	備考
離発着所	50506.060	-14389.750	830.190	
荷受所	50604.660	-14243.390	844.900	

飛行条件

総飛行距離	290m	想定飛行速度	3m/s
飛行時間 (往復)	100 s × 2	ミッション時間	500 s
荷受時間	300 s		

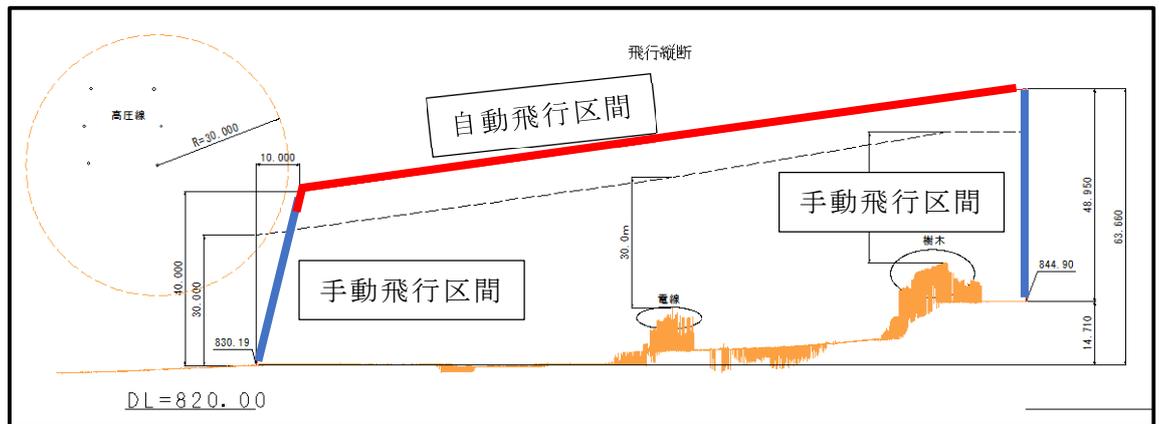
8. 実証実験

(1) 飛行方法

マービックミニについては、手動飛行としたが、ファントム 4Pro 及びマトリス 350RTK については、手動飛行と自動飛行を組み合わせた。

自動飛行と手動飛行を組み合わせた理由は、実際の災害を想定した場合に離発着地点については、位置や周囲の状況が事前に計画した場所となることは難しく、実際の離発着地点から計画上の離発着地点上空までの飛行については手動飛行によって微調整を行った方が良いと考えたためである。

また、荷受け場所についても災害時には微調整は必用であることが想定されるため、上空から荷受け場所までの一定区間は手動飛行を行う。



(2) 荷受け場所

荷受け場所は、災害時を想定しブルーシートにより着陸地点を明示した。着陸地点を明示することにより、操縦者はモニタにより手動操作の着陸がスムーズに行える。



(3) 実証実験の状況

マトリス350RTK

飛行前点検



離陸開始



荷受け所



モニタから見た荷受け場所



ファントム4プロ

飛行前点検



離陸開始



荷受け場所



モニタから見た荷受け場所



(4) 空撮

災害時を想定し、物資輸送中に空撮を行い、同じ位置での写真の解像度を確認する(高度は異なる)。



現地の状況を確認するための航空写真として十分使用に耐える。

ドローンカメラの諸元

名称	マトリス350RTK	ファントム4プロ	マービックミニ
カメラ	ZenmmuseP1	FC6310	FC7203
撮影素子・横	36mm	13.2mm	6.2mm
撮影素子・縦	24mm	8.8mm	4.7mm
記録画素数・横	8192Pix	5472Pix	4000Pix
記録画素数・縦	5460Pix	3648Pix	3000Pix
焦点距離	35mm	8.8mm	4.49mm
撮影高度	40m	50m	30m
地上画素寸法	5.0mm	16.4mm	10.4mm

(5) 航空法の申請

本実証実験では、荷受け地点付近の飛行において操縦者がモニタによる飛行を行うため、目視外飛行となることから航空法の目視外飛行の申請を行った。
 具体的には、下記のフローよりカテゴリーⅡA(レベルⅢ)の飛行となる。

飛行カテゴリー決定のフロー図



国土交通省ホームページより

本実証実験では、航空法第132条の86第2項第2号の許可を受けた。

東空運航第34803号

無人航空機の飛行に係る承認書

株式会社みすず総合コンサルタント
増澤 宗 殿

令和6年11月18日付をもって申請のあった無人航空機を飛行の方法によらず飛行させることについては、航空法第132条の86第3項及び第5項第2号の規定により、下記の無人航空機を飛行させる者が下記のとおり飛行させることについて、申請書のとおり承認する。

記

承認事項： 航空法第132条の86第2項第2号

承認の期間： 令和6年12月4日から令和6年12月27日

飛行の経路： 長野県上田市 真田町長3139 (申請書のとおり)

登録記号等： 別紙 無人航空機一覧のとおり

無人航空機： 別紙 無人航空機一覧のとおり

無人航空機を飛行させる者： 前田 龍、西澤 忍

条件：

- ・申請書に記載のあった飛行の方法、条件等及び申請書に添付された飛行マニュアルを遵守して飛行させること。また、飛行の際の周囲の状況、天候等に応じて、必要な安全対策を講じ、飛行の安全に万全を期すこと。
- ・航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全に影響を及ぼすような重要な事情の変化があった場合は、許可等を取り消し、又は新たに条件を付すことがある。
- ・飛行許可・承認期間中に、申請に関わる「登録記号」並びに「機体認証」及び「技能証明」の有効期間が切れる場合は、遅滞なく更新を行うこと。

令和6年11月27日

東京航空局長 今井 和哉

東北信ニユース

みずず総合コンサルタント(上田市)が実証実験

——地域の課題解決へ一手——

総合建設コンサルタントのみずず総合コンサルタント(上田市、増澤宗代表取締役)は10日、上田市真田町で測量用ドローンを使った物資輸送の実証実験を行った。同社は今年8月、ドローン等を活用し地域の課題解決に取り組む民間事業者200m区間で物資輸送の実証実験を行った。



同社は今年8月、ドローン等を活用し地域の課題解決に取り組む民間事業者200m区間で物資輸送の実証実験を行った。



県や上田市の職員が立ち回りのもで行われた実証実験では、積載可能な最大重量が異なる3種類のドローンを使用し、約200m区間の物資輸送を行った。3機種のうち積載重量1500gで最大のマトリス350RTKには医薬品、防災用浄水器、無線電話を搭載。中型のフアントム4Pro(積載重量250g)は医薬品や輸送タイプレ、小型のマービックミニ(積載重量45g)は医薬品を輸送した。

陣頭指揮を執った高橋亨に取締役副社長は「測量設計企業の多くはドローンを所有している。これを活用し、自衛隊が来る前に、被災者へ緊急に必要な医薬品などを届けられればと考えている。また、被災地は通信状況が悪くなるため、無線電話を輸送できれば被災者も状況を把握できる。災害により孤立集落になる可能性が高い地区で、事前に障害物の有無や環境を把握しておくことで、いざという時、円滑に対応できる」と



荷受け箇所を確認する。また、被災地は通信状況が悪くなるため、無線電話を輸送できれば被災者も状況を把握できる。災害により孤立集落になる可能性が高い地区で、事前に障害物の有無や環境を把握しておくことで、いざという時、円滑に対応できる」と



モニター画面で状況を把握

上田のみずず総合コンサルタント

上田市の総合建設コンサルタントのみずず総合コンサルタント(代表取締役)は10日、上田市真田町で測量用ドローンを使った物資輸送の実証実験を行った。同社は今年8月、ドローン等を活用し地域の課題解決に取り組む民間事業者200m区間で物資輸送の実証実験を行った。

上田市の総合建設コンサルタントのみずず総合コンサルタント(代表取締役)は10日、上田市真田町で測量用ドローンを使った物資輸送の実証実験を行った。同社は今年8月、ドローン等を活用し地域の課題解決に取り組む民間事業者200m区間で物資輸送の実証実験を行った。



物資を吊り下げて飛び立つドローン。(フアントム4 Pro)の機体は350g以内で飛ばす

災害時、孤立集落に物資運搬 測量用ドローンで実証実験

上田市の総合建設コンサルタントのみずず総合コンサルタント(代表取締役)は10日、上田市真田町で測量用ドローンを使った物資輸送の実証実験を行った。同社は今年8月、ドローン等を活用し地域の課題解決に取り組む民間事業者200m区間で物資輸送の実証実験を行った。

高橋亨は「測量設計企業の多くはドローンを所有している。これを活用し、自衛隊が来る前に、被災者へ緊急に必要な医薬品などを届けられればと考えている。また、被災地は通信状況が悪くなるため、無線電話を輸送できれば被災者も状況を把握できる。災害により孤立集落になる可能性が高い地区で、事前に障害物の有無や環境を把握しておくことで、いざという時、円滑に対応できる」と

高橋亨は「測量設計企業の多くはドローンを所有している。これを活用し、自衛隊が来る前に、被災者へ緊急に必要な医薬品などを届けられればと考えている。また、被災地は通信状況が悪くなるため、無線電話を輸送できれば被災者も状況を把握できる。災害により孤立集落になる可能性が高い地区で、事前に障害物の有無や環境を把握しておくことで、いざという時、円滑に対応できる」と

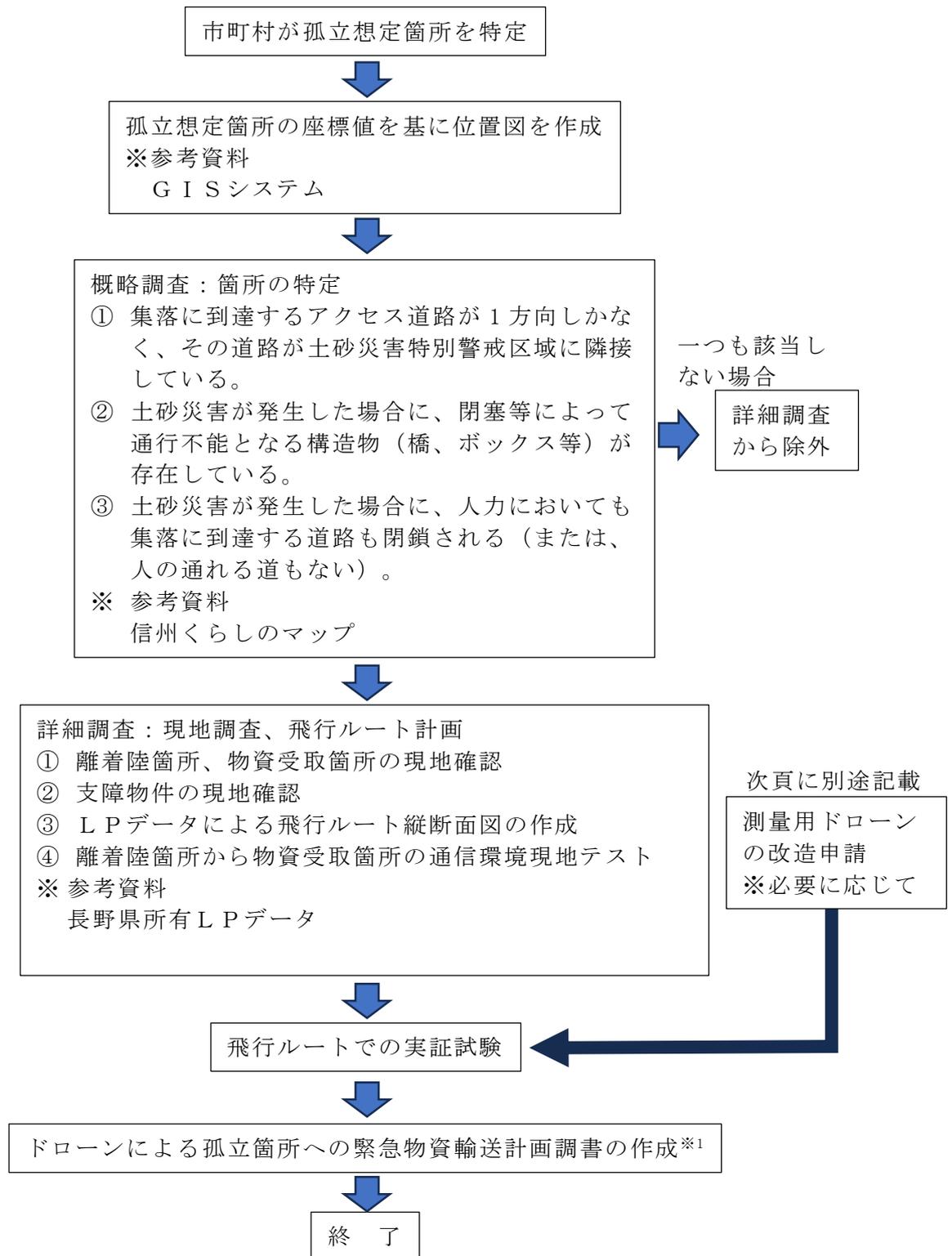


モニター画面で状況を把握

9. 測量用ドローンを用いた災害時物資輸送計画

災害発生時に実際に機能する緊急物資輸送とするため、本実証実験を踏まえた作業手順をまとめる。

(1) 事前にドローンの飛行計画を作成する場合の作業フロー（案）



※1 孤立箇所へのドローン飛行計画調書(例) P27 参照

(2) 測量用ドローンの改造申請について

各測量会社の機体区分に応じた機体登録が必要



「無人航空機登録要領（令和6年12月2日改正）：航空局長」

「軽微な改造」の範囲内に留める

軽微な改造の範囲内であれば緊急時に物資を搭載しても申告は不要



軽微な改造の範囲（a～cの製造区分に応じた申請）について

a. メーカー機 改造なし

機体製造者が使用を認めている部品（オプション部品等）を装着して輸送する場合は、製造者の申告する範囲内で改造申請は不要
オプション部品以外を取り付ける場合は、改造申請が必要^{※1}

b. メーカー機 改造あり

最大離陸重量、寸法の変動が±10%未満であれば改造申請は不要^{※2}

c. 自作した機体 上記以外の機体^{※3}

最大離陸重量、寸法の変動が±10%未満であれば改造申請は不要

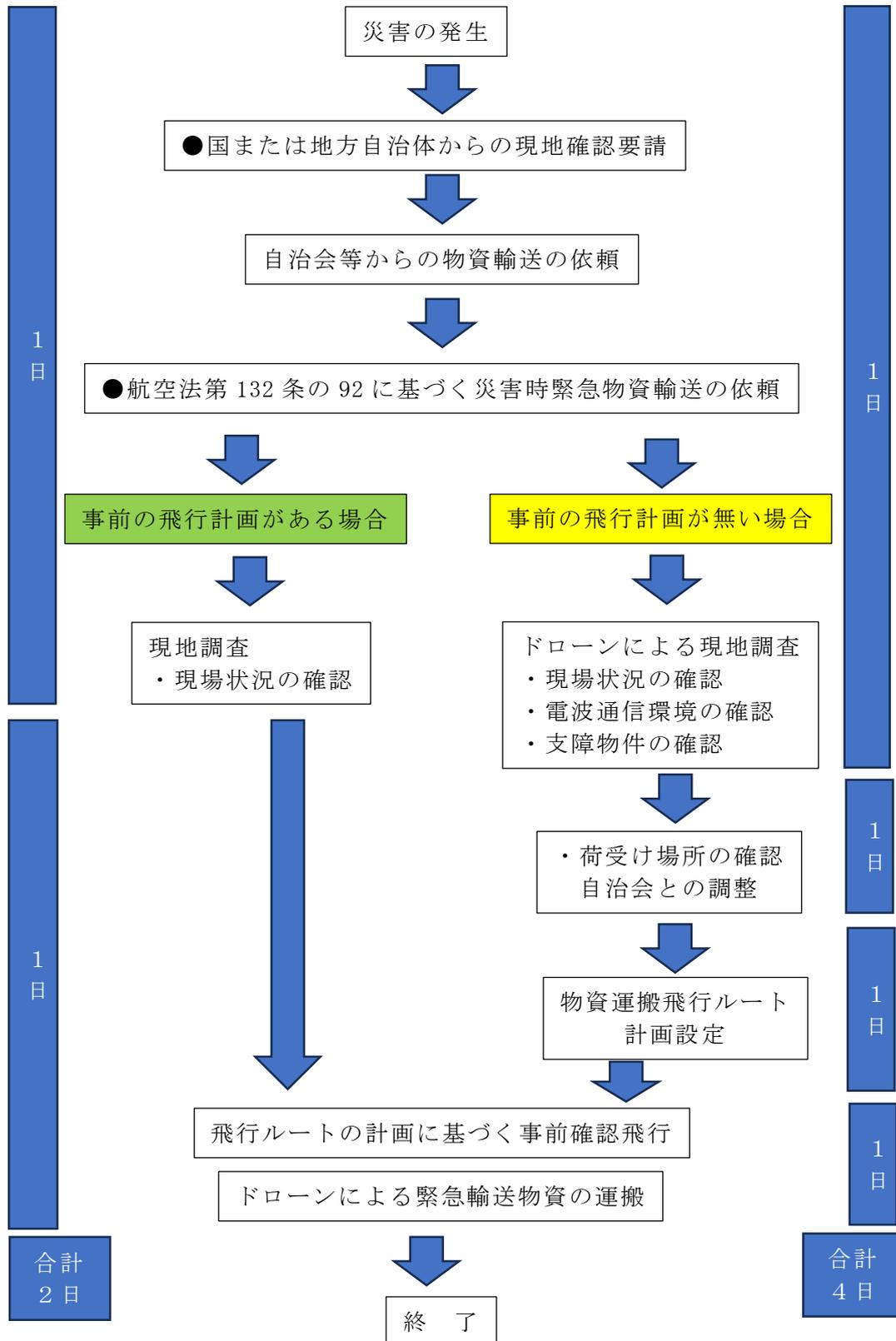
- ※1 多くの測量用ドローンは、「メーカー機の改造していない機体」で登録しているため、物資輸送を行う場合には、所有者が申請する部品を装着した「改造した機体」として変更申請することが必要である。
- ※2 最大離陸重量の+10%未満まで物資を搭載して輸送することが可能
- ※3 ドローンメーカーが製造した機体でも、メーカー側が国土交通省に申請していない場合は、自作した機体となる。

【参考】

メーカー機の改造申請許可日数について

本実証実験では、物資を輸送するための小物入れを機体に取り付けて、メーカー機の改造申請を行ったが、改造申請書を提出して許可までに要した期間は1日程度であった。

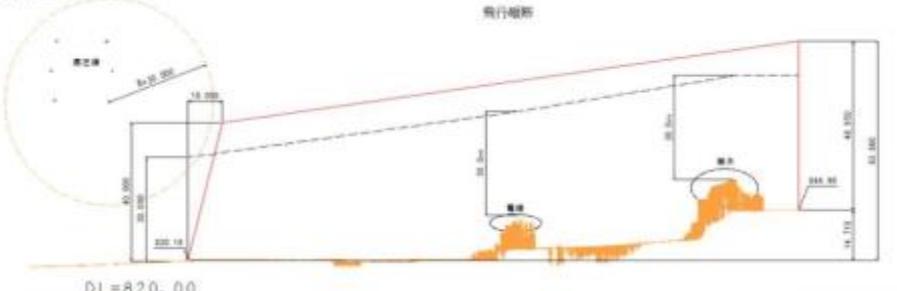
(3) 発災後のタイムスケジュール
 発災後のフロー（案）を以下に示す。



※ 飛行場所が緊急用務空域に指定された場合は、管轄交通管制部との事前調整と空港事務所への申請が必要（能登半島地震の時は、2日程度でした）。

(4) ドローンによる孤立箇所への緊急物資輸送計画調書(案)

孤立箇所へのドローン飛行計画調書(例)

場所名：角間地区	住 所：上田市真田町角間
孤立となる想定家屋数：約 50 戸	電波通信状況：2.4GHz 帯で通信可
離発着場所：松尾古城駐車場 X=50506.060 Y=-14389.750 Z=830.190	荷受け場所：角間区民広場 X=50604.660 Y=-14243.390 Z=844.900
	
飛行時の留意点 ・離発着地点の背後上空に高圧線あり	災害想定要因（特別警戒区域の指定等） ・土砂災害特別警戒区域 外雲雀沢 ・土砂災害警戒区域 内雲雀沢
飛行計画平面図 	
飛行計画縦断面図 	
飛行諸元 飛行速度： 3.0m/s、飛行距離 200m 行き飛行時間：70 s、帰り飛行時間：70 s 想定荷受け時間 180 s 総飛行時間 320 s (5.3min)	
その他、特記事項 等 ・調査時飛行ミッション：機体 DJI Matrice350RTK ファイル名〇〇.KML※1 ・飛行経路上の樹木については、飛行前に高さを確認すること。	

※1 飛行計画の KML ファイルを同時に提出

10. 社会実装に向けた課題と今後の対応

(1) 機体について

- ・測量会社が所有するドローンの多くは「メーカー機 改造なし」であることが想定されるため、事前に物資を取り付けるための軽微な改造申請を行う必要がある。
- ・使用するドローンは、事前に積載テストを行い、安全に飛行することを確認すると同時に積載時のバッテリー消費率について確認しておく必要がある。
- ・最新のドローンでは、物資輸送のためのメーカー純正オプションが用意されている機種も増えてきたので、今後のメーカーの開発に期待するところは大きい。
- ・本実証実験では、ドローンの通信環境として 2.4GHz 帯を使用したが、2.4GHz の電波は回折し難く直進性が高いため障害物の影響を受けやすくなる。現在、測量用のドローンにおいても LTE (Long Term Evolution) 回線を使用した長距離通信で障害物の影響を受け難いドローンの開発も進められている。しかし、LTE 回線は、携帯電話でも使用される通信帯であるため、災害時に機能しないことも考えられるため、当面は 2.4GHz 帯で使用できる最適飛行ルートを事前に検討することが良いと考える。

(2) 飛行計画について

- ・事前に孤立集落となることが予想される地域について飛行ルートを作成することは、災害発生後の迅速な対応につながるため、平時における計画の策定が必要となる。
- ・作成された計画も樹木等の支障物件の変化が想定されることから、定期的な現地調査が継続的に必要である。

(3) 測量業者の対応について

- ・災害発生後は、航空法第 132 条の 92 による特例措置を運用することが飛行申請を省略する意味でも有効であると考えるが、測量業者としては地域内での飛行については包括申請により運用することが望ましい。
- ・ドローンを操縦する者は、その運航について十分な訓練を積んでいることと、災害時の飛行では崩壊土砂等によって目視外での飛行を強いられる現場が想定されることから、少なくとも 2 等無人航空機操縦免許（目視外飛行の限定解除）を取得していることが望ましい。
- ・災害時には多くの測量会社が協同で対応することが必要となるため、任意団体との災害協定を事前に締結しておくことが望ましい。