災害情報伝達手段としてのドローンの活用に関する検討報告書（案）

令和８年３月

災害情報伝達手段としてのドローンの活用に関する検討会

資料４－２

目次

はじめに 3
第１部　検討の概要 4
1. 検討の背景・目的 4
2. 検討項目 9
3. 検討体制 10
4. 検討の開催状況 11
第２部　災害情報伝達手段としてのドローンの活用に関する検討について 12
第１章　ドローンに関する基礎情報について 12
1. 航空法 12
2. 重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律 19
3. 電波法 21
4. ドローンを飛行させるために必要な手続等 23
5. 災害情報伝達手段としてのドローンの活用事例について 24
6. 災害対策用ドローンに関する財政措置 28
第２章　実証実験について 29
1. 実証実験の概要 29
2. 実証実験結果 63
3. 実証実験総括 93
第３章　災害情報伝達手段としてのドローンの活用について 99
1. 自治体において災害時の情報伝達手段としてドローンを活用する際の留意事項 99
2. 留意事項を踏まえた自治体におけるドローンの導入について 109
第４章　今後の活用と課題 110
1. スピーカードローンの活用が見込まれる場面について 110
2. ドローンを災害情報伝達手段として活用する際の課題 112

資料４－２

はじめに

災害の発災前後を通じて、市町村から住民に対して避難指示等の防災情報を確実に伝達することは、極めて重要です。そのため、各市町村では、地域の実情等を踏まえ、防災行政無線等をはじめとする災害情報伝達手段の整備を進めているところです。

防災行政無線等は、PUSH 型の一斉同報手段であり、スマートフォン等を持たない住民へも情報を伝達することができるなどの特長を持つことから、災害時の主たる情報伝達手段と位置付けられています。

一方で、従来の屋外スピーカーを用いた防災行政無線等の放送は、沿岸部で広範囲に災害情報伝達を行うには多数の設備が必要であること、山間部などにおいて地理的条件によっては設備設置のハードルが高い場合があることなど、放送を行うための設備整備を推進する上で課題が存在しています。

このような状況を踏まえ、災害情報伝達手段として新たにドローンを活用できるようにするための、スピーカーを搭載したドローンを防災行政無線等の補助として用いる際の留意事項等について検討をすることを目的に、令和７年９月から令和８年２月まで、「災害情報伝達手段としてのドローンの活用に関する検討会」を開催しました。

本検討においては、災害情報伝達手段を伝達するドローンの性能について、宮城県仙台市、白石市、千葉県一宮町及び茨城県つくば市において実証実験を実施し、得られた技術的知見を整理の上、本報告書に災害時の情報伝達手段としてドローンを使用する際の留意事項としてとりまとめました。

市町村におかれては、災害情報伝達手段の整備に当たり、今回の検討で得られた知見を参考にしていただけますと幸いです。

他方、消防庁においては、市町村における迅速かつ確実な災害情報伝達体制の構築に向けて、更なる検討を期待します。

本報告書をとりまとめるに当たり、御多忙にもかかわらず、本検討会に積極的に御参加いただき、貴重な御意見及び多大なる御尽力を賜りました委員・オブザーバーの皆様並びに実証実験にご協力頂きました仙台市、白石市、一宮町及び防災科学技術研究所の皆様に厚く御礼申し上げます。

令和８年３月

災害情報伝達手段としてのドローンの活用に関する検討会
座長　中村　功

資料４－２

第1部　検討の概要

1. 検討の背景・目的

1.1. 検討の背景

（ア）市町村の災害情報伝達に係る災害対策基本法等における位置づけ

市町村における住民への防災情報の伝達の責務等については、法令等により規定されている。

具体的には、災害対策基本法第 56 条において、**市町村長は、災害に関する予報又は警報等を住民等に伝達しなければならない**こととされている。

○災害対策基本法（昭和 36 年法律第 223 号）　（抄）

（市町村長の警報の伝達及び警告）

第 56 条　市町村長は、法令の規定により災害に関する予報若しくは警報の通知を受けたとき、自ら災害に関する予報若しくは警報を知つたとき、法令の規定により自ら災害に関する警報をしたとき、又は前条の通知を受けたときは、地域防災計画の定めるところにより、当該予報若しくは警報又は通知に係る事項を関係機関及び住民その他関係のある公私の団体に伝達しなければならない。この場合において、必要があると認めるときは、市町村長は、住民その他関係のある公私の団体に対し、予想される災害の事態及びこれに対してとるべき避難のための立退きの準備その他の措置について、必要な通知又は警告をすることができる。

（２　略）

防災基本計画においては、**市町村は、市町村防災行政無線（戸別受信機を含む。）の整備等に努めること**とされている。

○防災基本計画（令和４年６月17日中央防災会議決定）　（抄）

第２編　各災害に共通する対策編、第１章　災害予防、第６節　迅速かつ円滑な災害応急対策、災害復旧・復興への備え

⑺　被災者等への的確な情報伝達活動

○市町村（都道府県）は、市町村防災行政無線（戸別受信機を含む。）の整備や、IP通信網、ケーブルテレビ網等の活用を図り、災害情報を被災者等へ速やかに伝達する手段の確保に努めるものとする。

第３編　地震災害対策編、第２章　災害応急対策、第１節　災害発生直前の対策

市町村は、住民への緊急地震速報等の伝達に当たっては、市町村防災行政無線を始めとした効果的かつ確実な伝達手段を複合的に活用し、対象地域の住民への迅速かつ的確な伝達に努めるものとする。

※その他、第４編（津波災害対策編）、第５編（風水害対策編）、第６編（火山災害対策編）、（第７編（雪害対策編）においても、市町村の住民等への防災情報の伝達に係る規定がある。

また、武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律第47条では、**市町村長は、サイレン、防災行政無線その他の手段を活用し、住民等に伝達するよう努めること**とされている。

○武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律（平成16年法律第112号）　（抄）

（市町村長による警報の伝達等）

第47条　市町村長は、前条の規定による通知を受けたときは、その国民の保護に関する計画で定めるところにより、直ちに、その内容を、住民及び関係のある公私の団体に伝達するとともに、当該市町村の他の執行機関その他の関係機関に通知しなければならない。

２　前項の場合において、市町村長は、サイレン、防災行政無線その他の手段を活用し、できる限り速やかに、同項の通知の内容を住民及び関係のある公私の団体に伝達するよう努めなければならない。

（３　略）

（イ）防災行政無線等の整備促進

防災行政無線等は、迅速かつ確実に災害情報の伝達を行うために、以下の要件を満たすこととしており、その整備が求められている。

【主たる災害情報伝達手段に必要な要件】

① PUSH 型であること

② 一斉に同報するものであること

③ 情報機器等を持たない住民へ伝達できるものであること

④ 市町村が伝えるべき防災情報を制約なく伝達できること
（住民に必要な各種情報を伝えられるものであること）

⑤ 発災前後を通じて、継続して使用できる耐災害性を有していること

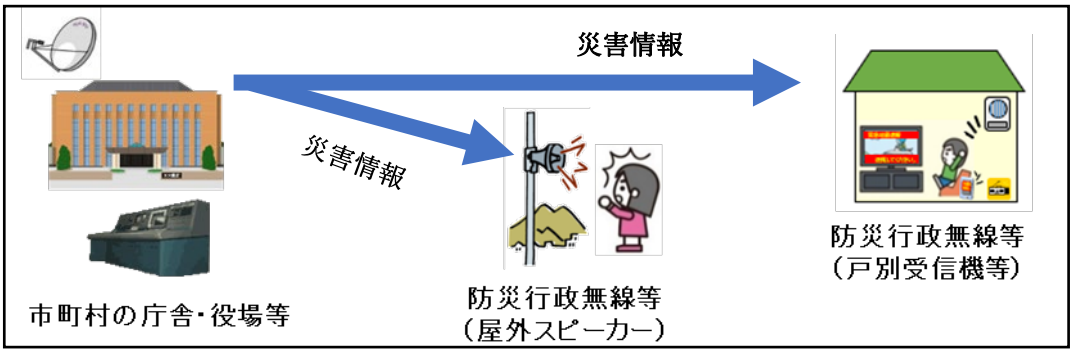


図 1　災害情報伝達イメージ

表 1　主たる災害情報伝達手段

情報伝達手段の例		自営網	商用網	整備済自治体数	備考
防災行政無線等（主たる災害情報伝達手段）	① 市町村防災行政無線（同報系）	○	－	1,314 （75.5%）	・市町村庁舎と地域住民とを結ぶ無線網により、地域住民に一斉伝達可能。
	② MCA陸上移動通信システムを活用した同報系システム	－	○	96 （5.5%）	・タクシー会社や運送会社等の民間企業等が利用する無線網を活用。 ・2029年（令和11年）5月31日をもってデジタルMCAシステムの通信サービスが終了することから、導入市町村においては他の手段の活用に係る検討に着手が必要である。
	③ 市町村デジタル移動通信システムを活用した同報系システム	○	－	43 （2.5%）	・市町村が設置した基地局と車両等に設置した移動局等を同報利用するもの。
	④ FM放送を活用した同報系システム	－	○	166 （9.5%）	・既存のFMラジオ局を活用。 ・屋内受信機は平常時にラジオとして活用可能。
	⑤ 280MHz帯電気通信業務用ページャーを活用した同報系システム	－	○	77 （4.4%）	・無線呼出し（ポケットベル）の技術を利用した情報伝達手段。
	⑥地上デジタル放送波を活用した情報伝達システム（IPDC）	－	○	1 （0.1%）	・既存のテレビ放送網を活用。 ・屋内受信機の設置にあたっては、テレビ端子に接続するためアンテナ工事が不要
	⑦ 携帯電話網を活用した情報伝達システム	－	○	85 （4.9%）	・携帯電話網を活用。 ・屋外スピーカー、屋内受信機への情報伝達に加え、住民所有のスマートフォンにアプリとの連携も可能。
	⑧ ケーブルテレビ網を活用した情報伝達システム	－	○	38 （2.2%）	・既存のケーブルテレビネットワークを活用。 ・テレビ画面でテロップ等の文字情報を伝達可能。
	⑨ IP告知システム	－	○	196 （11.3%）	・光ケーブル等を使用したIPネットワークを活用。

※整備済み自治体数は、令和７年３月 31 日時点

令和７年３月 31 日現在、全市町村（1,741 団体）のうち 1,688 団体（97.0%）が防災行政無線等を整備済みで、53 団体が未整備となっている。

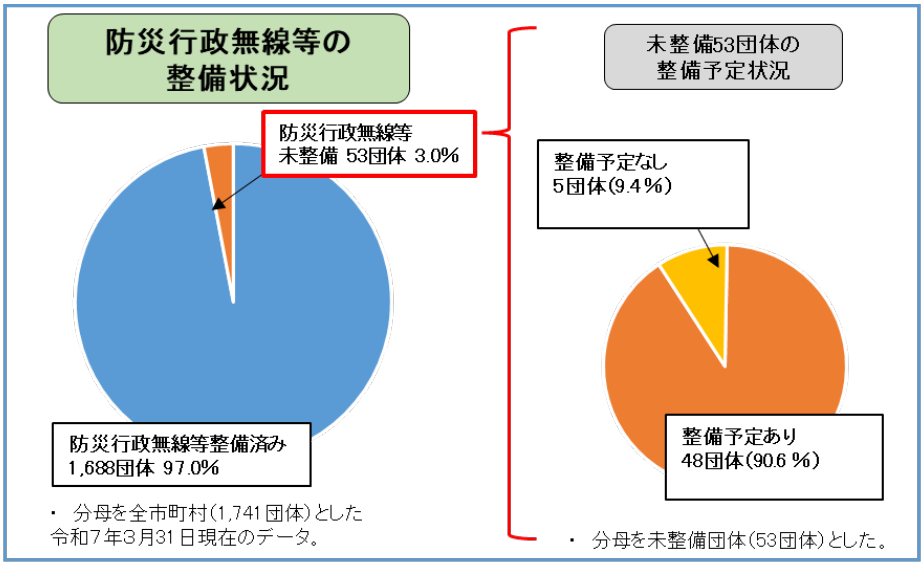
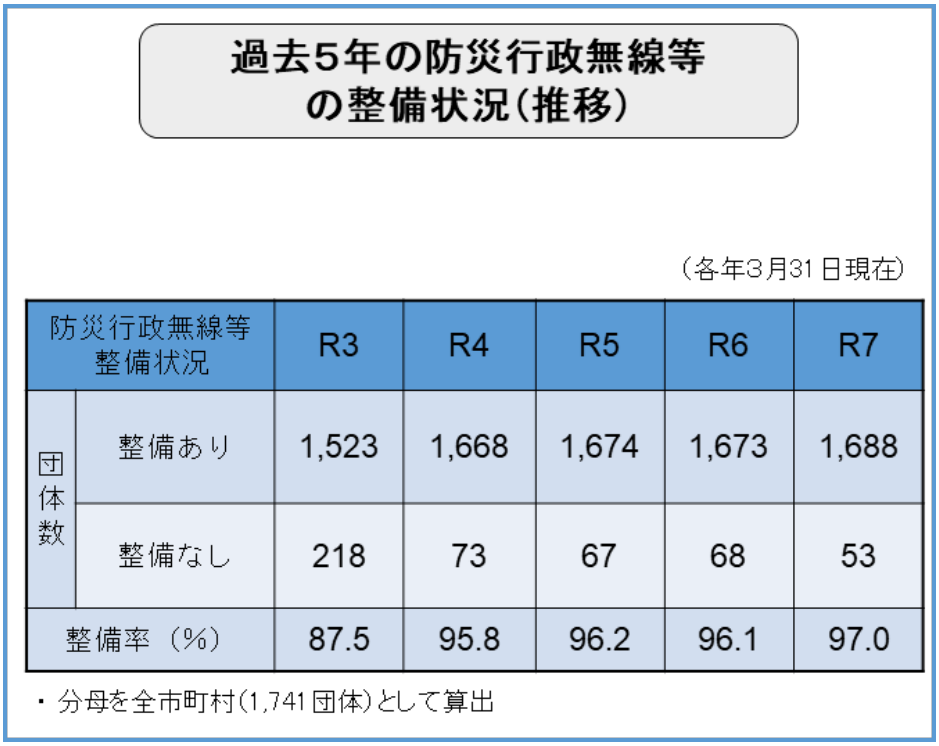


図 2　防災行政無線等の整備状況



過去5年の防災行政無線等の整備状況(推移)

（各年3月31 日現在）

防災行政無線等整備状況		R3	R4	R5	R6	R7
団体数	整備あり	1,523	1,668	1,674	1,673	1,688
	整備なし	218	73	67	68	53
整備率（%）		87.5	95.8	96.2	96.1	97.0

・分母を全市町村(1,741 団体)として算出

図 3　防災行政無線等の整備状況の推移

1.2. 検討の目的

防災行政無線等は、PUSH 型の一斉同報手段であり、スマートフォン等を持たない住民へも情報を伝達することができるなどの特長を持つことから、消防庁では、防災行政無線等を災害時の主たる情報伝達手段として、その整備を推進している。

一方で、従来の屋外スピーカーを用いた防災行政無線等の放送は、沿岸部で広範囲に災害情報伝達を行うには多数の設備が必要であること、山間部などにおいて地理的条件によっては設備設置のハードルが高い場合があることなど、放送を行うための設備整備を推進する上で課題が存在する。

このような状況を踏まえ、災害情報伝達手段として新たにドローンを活用できるようにするため、スピーカーを搭載したドローンを防災行政無線等の補助として用いる際の留意事項や、屋外スピーカーと同様に防災行政無線等の主たる情報伝達手段の一つとして位置づけるために必要な事項について検討を行った。

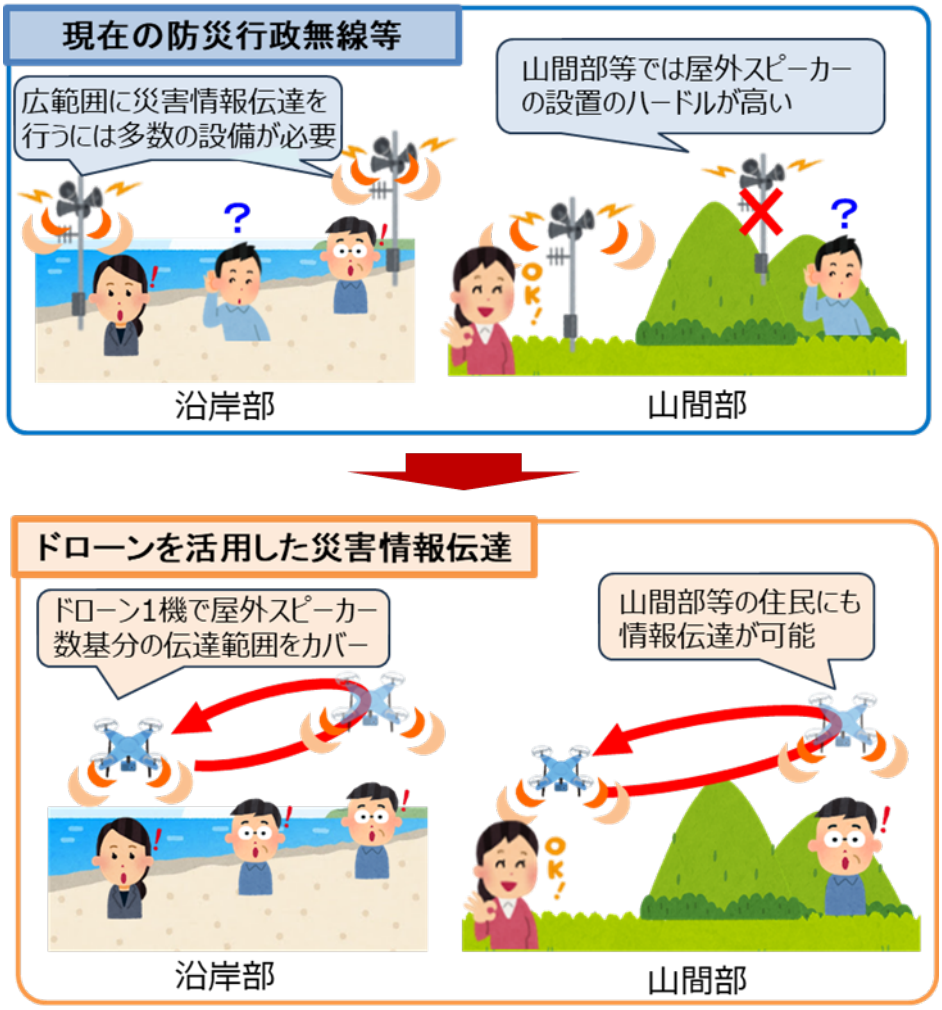


図 4　ドローンによる災害情報伝達のイメージ

特に、防災行政無線等の主たる災害情報伝達手段の一つとして位置付けるためには、p6の５要件を満たすことが求められることから、Ｊアラート情報や自治体が伝達したい内容を自由に放送できるかどうか、各機器に求められる耐災害性の基準は何かという観点で検討を行った。

表 2　ドローンの災害情報伝達手段としての特徴

	主たる情報伝達手段の５要件	ドローンの特徴	検討すべき事項
①	PUSH型であること。	○：住民側のアクションは不要	－
②	一斉に同報するものであること。	○：スピーカー搭載可能	－
③	情報機器等を持たない住民へ伝達できるものであること。	○：スマホ等の情報機器は不要	－
④	市町村が伝えるべき防災情報を制約なく伝達できること。	△：自動飛行・手動操作など複数の運用モデルが想定される	**Jアラート情報や自治体が伝達したい内容を自由に放送できるかどうか**
⑤	発災前後を通じて、継続して使用できる耐災害性を有していること。	△：ドローン本体・離着陸場所・周辺機器・通信設備等で構成される	**各機器に求められる耐災害性の基準は何か。**

2. 検討項目

検討会においては、次の事項について調査検討を行った。

(1) 自治体において災害時の情報伝達手段としてドローンを使用する際の留意事項

(2) ドローンを主たる災害情報伝達手段の一つとして位置づけるために必要な条件

資料４－２

3. 検討体制

3.1. 名称

上記「２．検討項目」の内容を検討するため、「災害情報伝達手段としてのドローンの活用に関する検討会」を立ち上げた。

3.2. 構成及び運営

本検討会の構成員は、表３のとおりである。

表 3　災害情報伝達手段としてのドローンの活用に関する検討会委員等

（敬称略）

座長	中村　功	東洋大学　社会学部　教授
副座長	佐藤　逸人	神戸大学　大学院工学研究科　建築学専攻　准教授

（以下、五十音順）

委員	飯島　裕貴	宮城県仙台市　危機管理局　危機管理部　危機対策課　課長
委員	岩田　拡也	一般社団法人　UAS 産業振興協議会　常務理事
委員	大内　一範	神奈川県大和市　消防本部　警防課　課長
委員	河内　俊	千葉県長生郡一宮町　総務課　課長補佐
委員	後藤　武志	一般社団法人　危機管理教育研究所　上席研究員 災害情報伝達手段に関する自治体系アドバイザー
委員	酒井　直樹	一般社団法人　日本ドローンコンソーシアム　理事
委員	佐藤　聡信	災害情報伝達手段に関する技術系アドバイザー

＜オブザーバー＞

小野　輝彦	宮城県白石市　総務部　危機管理課　課長
清水　陽介	国土交通省　航空局　安全部　無人航空機安全課　課長補佐
福川　優治	総務省　通信基盤局　電波部　基幹・衛星移動通信課 重要無線室　課長補佐
八重樫　一仁	一般社団法人　電波産業会　固定通信グループ　担当部長

4. 検討の開催状況

検討会は、令和７年９月３日から令和８年２月27日までの間の４回、下記日程で開催した。

表 4　検討会開催概要

検討会	開催日	議題
第１回	令和７年９月３日	・検討会について ・検討概要・スケジュール等について ・実証実験計画について
第２回	令和７年10月10日	・ドローンの基本情報と活用事例について ・主たる災害情報伝達手段としてのドローンの要件について ・実証実験計画書について
第３回	令和８年１月27日	・実証実験の結果について ・自治体でスピーカードローンを運用する際の留意事項について ・検討会報告書について
第４回	令和８年２月27日	・検討会報告書の検討

第2部　災害情報伝達手段としてのドローンの活用に関する検討について

第1章　ドローンに関する基礎情報について

ここでは、航空法（昭和 27 年法律第 231 号）や、航空法施行規則（昭和 27 年運輸省令第 56 号)、重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律(平成 28 年法律第 9 号。以下「小型無人機飛行禁止法」という。)、電波法（昭和 25 年法律第 131 号）などのドローンの運用に係る関係法令について整理を行う。

1. 航空法

1.1. ドローンを飛行させる際に遵守すべき事項

（1）ドローンを飛行させる空域及び方法の事前申請

ドローンを飛行させる空域及び方法については、以下の特定飛行の要件に該当する場合、原則、事前に国土交通大臣の許可又は承認が必要となる（航空法第 132 条の 85 及び第 132 条の 86 並びに同法施行規則第 236 条の 70 から 82)。

表 5　特定飛行の要件

許可が必要	承認が必要
・空港等の周辺の空域を飛行 ・地上から高度 150m 以上の空域を飛行 ・人口集中地区上空の空域を飛行 ・緊急用務空域を飛行	・夜間に飛行 ・目視外で飛行 ・第三者又は物件との距離を 30m 以上確保できない状況で飛行 ・催し場所の上空で飛行 ・危険物の輸送 ・飛行中に物件を投下

（２）ドローンの登録

航空法違反事案や事故発生時に確実に所有者を把握し、原因究明や安全確保のための措置を講じさせるため、100g 以上のドローンについては、登録を受けたものでなければ、航空の用に供してはならない（航空法第 132 条の２）。

また、登録ドローンには登録記号を鮮明に表示するとともに、リモート ID 機能を備え付ける必要がある（航空法第 132 条の５及び同法施行規則第 236 条の 6）。

なお、軽微な改造を除き、メーカー機※1 のドローンにスピーカー等を搭載するなど機体製造者が取扱説明書等で認めていない改造を行う場合にも、ドローン又は登録ドローンの所有者は、改造した機体として申告※2 を行う必要がある（航空法第 132 条の 4、航空法第 132 条の 8 及び同法施行規則第 236 条の 4）。

※1　メーカー機とは、航空局に対して機体製造者から機体情報が予め報告されたものであって、改造をしていないもの（新規登録時、システム上のプルタウンで選択できる機体）

※2　新規登録及び登録事項の変更

（３）ドローン操縦者の資格

ドローンを飛行させるのに必要な知識及び能力を有することを証明する資格として無人航空機操縦者技能証明がある（航空法第 132 条の 40）。

無人航空機操縦者技能証明は資格区分に応じてドローンの飛行に必要な技能が定められている（航空法第 132 条の 42）。

・一等無人航空機操縦士：立入管理措置を講ずることなく行う特定飛行

・二等無人航空機操縦士：立入管理措置を講じて行う特定飛行

また、無人航空機操縦者技能証明は、「昼間」や「目視内」に限定することも可能となっている（航空法第 132 条の 43 及び同法施行規則第 236 条の 40 第 2 項）。

（４）ドローン本体の認証

特定飛行を行うことを目的とするドローンの強度、構造及び性能について、設計、製造過程等が安全基準に適合するか検査し、安全性を確保するための制度として機体認証制度が定められている（航空法第 132 条の 13 第 4 項）。

機体認証は認証区分に応じて特定飛行を行うことを目的とするドローンについて行われる（航空法第 132 条の 13 第 2 項）。

・第一種機体認証：立入管理措置を講ずることなく行う特定飛行

・第二種機体認証：立入管理措置を講じて行う特定飛行

なお、第三者の立入管理措置を行わず特定飛行を行う場合には、一等無人航空機操縦技能証明を受けた者が第一種機体認証を受けた無人航空機を飛行させる等の要件を満たす場合に限られる（航空法第 132 条の 85 第 2 項及び第 132 条の 86 第 3 項）。

（５）ドローンが飛行可能な気象条件の設定

特定飛行の許可承認を取得する際には、ドローンを安全に飛行させるルール等を定めた飛行マニュアルを提出する必要がある。国土交通省航空局が発行している標準マニュアル（無人航空機飛行マニュアル）では、降雨や風速５m/s 以上の場合は、基本的にドローンを飛行させないこととなっている。ただし、催し場所の上空における飛行を除き、風速５m/s 以上の状態や雨でも飛行可能であることを製造者等が定める取扱説明書等にて確認している場合はその条件により飛行することが可能である。降雨時等でもドローンを飛行させる場合には、飛行許可承認申請時に標準マニュアルをそのまま引用せず、運用機体の防水・耐風性能等に応じた条件を設定した飛行マニュアルを作成し添付する必要がある。

（６）第三者が立ち入った場合の措置

立入管理措置を講ずることなく飛行を行う場合を除き、特定飛行を行っている最中に、ドローンの下に人の立ち入り又はそのおそれのあることを確認したときは、ただちに当該ドローンの飛行を停止し、飛行経路の変更、安全な場所に着陸させるなどの必要な措置を講じなければならない（航空法第 132 条の 87）。

（７）飛行計画の通報

ドローンを用いて特定飛行を行う場合には、原則、事前に特定飛行を行う日時や経路等を記載した飛行計画を国土交通大臣に通報しなければならない（航空法第 132 条の 88）。

（８）飛行日誌の作成

ドローンを用いて特定飛行を行う場合には、飛行日誌（飛行記録、日常点検記録及び点検整備記録）を備え、記載しなければならない（航空法第 132 条の 89 及び同法施行規則第 236 条の 84）。

1.2. 緊急時の特例措置

事故や災害の発生時において、緊急を要する場合には、国・地方公共団体の職員やこれらの団体からの依頼を受けた者は、以下の規定の適用を除外して人命の危機回避等のためにドローンを飛行させることができる（航空法第 132 条の 92 並びに同法施行規則第 236 条の 88 及び第 236 条の 89）。

・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）
・飛行日誌（航空法第 132 条の 89）

なお、航空法第 132 条の 92 の適用を受けてドローンを運用する場合は、その特例適用者の責任において、航空機や人・物件の安全を確保する必要があるため、あらかじめ当該運用方法をマニュアルで定め、当該マニュアルに基づき安全な飛行を行うことが望ましい。

1.3. その他

（1）事故等が発生した場合の対応

ドローンに関する事故が発生した場合、ドローンを飛行させている者は、直ちに飛行を中止し、負傷者の救護を行う等の必要な措置を講じなければならない。

また、以下のとおり事故が発生した場合や事故が発生するおそれがあった場合には、国土交通大臣に対する報告義務が発生する（航空法第 132 条の 90 及び第 132 条の 91 並びに同法施行規則第 236 条の 85～87）。

・無人航空機により人が死傷した事故
・無人航空機により物件が損壊した事故
・航空機と衝突又は接触した事故
・無人航空機の制御が不能となった事態
・無人航空機が飛行中に発火した事態

（2）ドローンの登録の抹消

登録ドローンの所有者は、次に掲げる場合には、その事由があった日から 15 日以内に、その登録の抹消の申請をしなければならない（航空法第 132 条の 11）。

・登録ドローンが滅失又は解体をしたとき
・登録ドローンの存否が 2 か月間不明になったとき
・登録ドローンが無人航空機（航空法第 2 条第 22 項）でなくなったとき

（３）罰則

ドローンの飛行等に係る主な罰則規定は以下のとおり。

ア　２年以下の拘禁刑又は 100 万円以下の罰金（航空法第 157 条の 6）

・事故発生時に直ちに飛行を中止し負傷者を救護するなどの危険防止措置を講じなかった場合

イ　１年以下の拘禁刑又は 50 万円以下の罰金（航空法第 157 条の 7）

・無人航空機登録原簿に登録を受けないで航空の用に供したとき

ウ　１年以下の拘禁刑または 30 万円以下の罰金（航空法第 157 条の 8）

・アルコール又は薬物の影響により正常な飛行ができないおそれがある間に道路、公園、広場その他の公共の場所の上空においてドローンを飛行させた場合

エ　50 万円以下の罰金（航空法第 157 条の 9）

・登録記号を識別するための措置（登録記号の機体への表示及びリモート ID 機能の装備（免除されている機体を除く。））をせずにドローンを航空の用に供した場合（第１号）

・登録の要件を満たしていない機体への是正命令に違反して、ドローンを航空の用に供した場合（第２号）

・機体認証を受けたドローンについて、指定された使用の条件の範囲を超えて、特定飛行を行ったとき（第３号）

・整備命令に違反して安全基準に適合しない、又はしなくなるおそれのあるドローンで特定飛行を行ったとき（係留している場合を除く。）（第４号）

・技能証明に限定を付された者が、その限定に違反して、特定飛行を行ったとき（第７号）

・技能証明に条件を付された者が、その条件に違反して、特定飛行を行ったとき（第８号）

・飛行に係る許可を得ずに、飛行の禁止空域でドローンを飛行させたとき（第９号、※１）

※１　機体認証及び技能証明を有し立入管理措置を行う場合、または、機体認証(一種)および技能証明(一等)を有する場合を除く。

・運航管理に係る許可を得ずに、以下に掲げる飛行の禁止空域でドローンを飛行させたとき（第 10 号）

a. 空港等周辺、150m 以上の高さ(物件から 30m 以内を除く)、緊急用務空域

b. 人口集中地区（※２）

※２　立入管理措置を行わない飛行、または立入管理措置を行って 25kg 以上のドローンを飛行させる場合に限る。

・安全を確保するために必要な措置を講じずに、人口集中地区でドローンを飛行させたとき（第 11 号、※３）

※３　立入管理措置を行い 25kg 未満のドローンを飛行させる場合に限る

・以下に掲げる飛行を行ったとき（第 12 号）

a. 当該ドローン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せずに飛行させたとき

b. 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ずに飛行させたとき

・道路、公園、広場その他の公共の場所の上空において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ドローンを飛行させたとき（第 13 号）

・飛行に係る承認を得ずに、夜間、目視外、人又は物件から 30m 未満、催し物上空いずれかの方法でドローンを飛行させたとき（第 14 号、※４）

・飛行に係る承認を得ずに、危険物輸送を行ったとき（第 15 号、※4）

・飛行に係る承認を得ずに、物件投下を行ったとき（第 16 号、※４）

※４　機体認証及び技能証明を有し立入管理措置を行う場合、または、機体認証(一種)および技能証明(一等)を有する場合を除く

・運航管理に係る承認を得ずに、または承認された内容に従わずに夜間、目視外、人又は物件から 30m 未満、催し物上空、危険物輸送、物件投下いずれかの方法でドローンを飛行させたとき（第 17 号、※５）

※５　夜間、目視外、人又は物件から 30m 未満の飛行にあっては、立入管理措置を行い 25kg 未満のドローンを飛行させる場合を除く。

・安全を確保するために必要な措置を講じずに、夜間、目視外、人又は物件から 30m 未満いずれかの方法でドローンを飛行させたとき（第 18 号、※６）

※６　立入管理措置を行い 25kg 未満のドローンを飛行させる場合に限る

・特定飛行中にドローンの下に第三者が立ち入った、又はそのおそれを確認した場合に、直ちに当該ドローンの飛行を停止し、飛行経路の変更、他の航空機の安全並びに人及び物件の安全を損なうおそれがない場所への着陸その他必要な措置を講じなかったとき（第 19 号、※７）

※７　立入管理措置を行わない飛行である場合を除く

オ　30 万円以下の罰金（航空法第 157 条の 10）

・機体認証を受けていないにも関わらず機体認証の表示を付した場合（第１項第１号）

・飛行計画の通報をしないで特定飛行を行った場合（第１項第１０号）

・国土交通大臣は通報された飛行計画に従いドローンを飛行されることが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を損なうおそれがあると認める場合には無人航空機を飛行させる者に対して、特定飛行の日時または経路の変更、その他必要な措置を講ずべきことを指示することができるが、その指示に従わずに特定飛行を行った場合（第１項第１１号）

・ドローンの事故等が発生した際、報告をせず、又は虚偽の報告をした場合（第２項）

カ　10 万円以下の罰金（航空法第 157 条の 11）

・無人航空機操縦者技能証明書を携帯しないで特定飛行を行った場合（第１号）

・飛行日誌を備えずに特定飛行を行った場合（第２号）

・飛行日誌に記載すべき事項を記載せず、又は虚偽の記載をした場合（第３号）

2. 重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律

（１）対象施設の敷地等の指定

小型無人機等飛行禁止法においては、次の表の左欄に掲げる対象施設の種類ごとに、それぞれ同表の右欄に掲げる指定の方法により、当該対象施設の敷地又は区域を指定するとともに、当該敷地又は区域及びその周囲おおむね 300 メートルの地域を、当該対象施設に係る「対象施設周辺地域」として指定するものとされている。

対象施設の種類	指定の方法
国会議事堂、内閣総理大臣官邸、皇居等	法律で規定（両院議長、内閣総理大臣等が敷地等を指定）
危機管理行政機関	政令で規定（各行政機関の長が敷地等を指定）
政党事務所	総務大臣が政党からの要請で指定
外国公館等	外務大臣が指定
防衛関係施設	防衛大臣が指定
空港	国土交通大臣が指定
原子力事業所	国家公安委員会が指定

（２）対象施設周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止

対象施設周辺地域の上空においては、原則として、飛行の目的等にかかわらず、一律に小型無人機等の飛行が禁止されている（小型無人機等飛行禁止法第 10 条第 1 項）。ただし、小型無人機等の利活用との均衡等の観点等から、

- 対象施設の管理者又はその同意を得た者が当該対象施設に係る対象施設周辺地域の上空において行うもの
- 土地の所有者等又はその同意を得た者が当該土地の上空において行うもの
- 国又は地方公共団体の業務を実施するために行うもの

については、飛行禁止の規制を適用しないこととされており（同条第 2 項）、これらの小型無人機等の飛行を行おうとする者は、あらかじめ、その旨を当該小型無人機等の飛行に係る対象施設周辺地域を管轄する都道府県公安委員会等に通報することが義務付けられている（同条第 3 項）。

（３）緊急時の特例

都道府県公安委員会等に対する通報については、重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律施行規則（平成 28 年国家公安委員会規則第 9 号。以下「小型無人機等飛行禁止法施行規則」という。）等に基づき、小型無人機等の飛行を開始する時間の 48 時間前までに行うものとされているが（小型無人機等飛行禁止法施行規則第３条等）、災害その他緊急やむを得ない場合においては、小型無人機等の飛行を開始する時

間の直前までに口頭で行うことで足りることとされている（小型無人機等飛行禁止法施行規則第６条等）。

（４）罰則

小型無人機等飛行禁止法第 10 条第１項の規定に違反して、対象施設及びその指定敷地等の上空で小型無人機等の飛行を行った者又は小型無人機等飛行禁止法第 11 条第１項（同条第３項及び第５項において準用する場合を含む。）の規定による命令に違反した者は、１年以下の拘禁刑又は 50 万円以下の罰金に処することとされている（小型無人機等飛行禁止法第 13 条）。

3. 電波法

ドローンの運用に用いる電波の使用に際して、電波法や、電波法施行規則（昭和 25 年電波監理委員会規則 14 号）などの関係法令を遵守する必要がある。現在、ドローンで使用される無線システムはそれぞれ下図のとおり。

表 6　ドローンで使用される無線システム

分類	無線局免許	周波数帯	最大送信出力	主な利用形態	備考	無線従事者資格
免許又は登録を要しない無線局	不要	73MHz帯等	※1	操縦用	ラジコン用微弱無線局	不要
	不要※2	920MHz帯	20mW	操縦用	920MHz帯テレメータ用、テレコントロール用特定小電力無線局	
		2.4GHz帯	10mW/MHz※3	操縦用、画像伝送用、データ伝送用	2.4GHz帯小電力データ通信システム	
携帯局	要※4	169MHz帯	10mW※5	操縦用、画像伝送用、データ伝送用	無人移動体画像伝送システム（平成28年8月に制度整備）	第三級陸上特殊無線技士以上の資格
		2.4GHz帯	1W	操縦用、画像伝送用、データ伝送用		
		5.7GHz帯	1W	操縦用、画像伝送用、データ伝送用		
その他	要	2.5GHz帯	800mW※6	操縦用、画像伝送用、データ伝送用	自営等BWA	
	要	4.7GHz帯	4.6-4.8GHz:200mW※7 4.8-4.9GHz:800mW※7	操縦用、画像伝送用、データ用伝送	ローカル5G	
		28GHz帯	3.16W※7	操縦用、画像伝送用、データ伝送用		
	不要※8	800MHz帯等	※9	操縦用、画像伝送用、データ伝送用	携帯電話、BWA	不要
	不要※4※10	5.2GHz帯	200mW	操縦用、画像伝送用、データ伝送用	5.2GHz帯高出力データ通信システム	不要

※１：500m の距離において、電界強度が 200μV/m 以下のもの。
※２：技術基準適合証明等（技術基準適合証明及び工事設計認証）を受けた適合表示無線設備であることが必要。
※３：変調方式や占有周波数帯幅によって出力の上限は異なる。
※４：運用に際しては、運用調整を行うこと。
※５：地上から電波発射を行う無線局の場合は最大 1W。
※６：免許申請前に全国 BWA 事業者及び周辺の地域 BWA 並びに自営等 BWA 無線局の免許人と干渉調整を行う必要がある。
※７：免許申請前に周辺のローカル５Ｇ無線局の免許人と干渉調整を行う必要がある。
※８：携帯電話事業者又は BWA 事業者の包括免許により運用。
※９：基地局によって制御される。
※10：既存無線局との共用のため厳密に台数管理をする必要があることから登録局制度の対象。

運用に当たって、免許が必要なシステムの無線局の操作は、原則として無線従事者が行う必要がある。また、自動運転ドローンの場合も、原則として無線従事者が無線局の操作を行

う必要がある。なお、非常通信※業務を行う場合であって、無線従事者を設備の操作に充てることができないときは、無線従事者の資格のない者が操作できる（電波法施行規則第 33 条の２第１項第２号）。

免許を取得する必要がある無線局は、落成検査（電波法第 10 条）、定期検査（電波法第７３条第１項）等の検査を受ける必要がある。落成検査は、無線局が落成した際に、法令に適合しているか否かなどについて確認するもので、この検査に合格した無線局には免許が付与される。ただし、技術基準適合証明を受けた無線設備は、落成検査が不要である。定期検査は、免許を受けている無線局が免許の内容及び法令に定める事項に適合しているか否かを一定の時期ごとに確認するためもので、無線局の種別（放送局、基地局など）によって５年、３年、２年、１年の周期が決まっているが、一部、定期検査を実施しない無線局もある（電波法施行規則第 41 条の２の 6）。

※　地震、台風、洪水、津波、雪害、火災、暴動その他非常の事態が発生し、又は発生するおそれがある場合において、有線通信を利用することができないか又はこれを利用することが著しく困難であるときに人命の救助、災害の救援、交通通信の確保又は秩序の維持のために行われる無線通信（電波法第 52 条第４号）

4. ドローンを飛行させるために必要な手続等

航空法等により、ドローンの飛行の形態によっては国土交通省の許可・承認が必要となる。このほかにも、ドローンの操縦のための技能証明やドローンの機体に関する機体認証が必要となる場合がある。ドローンの飛行は、表６のとおりカテゴリーⅠ、Ⅱ-A、Ⅱ-B、Ⅲの４つに分類される。

カテゴリーⅠ飛行を行う場合は、各種資格等は不要である。カテゴリーⅡ-A 飛行を行う場合は、各種資格は不要だが国土交通省の許可・承認が必要となる。カテゴリーⅡ-B 飛行を行う場合は、二等以上の技能証明及び第二種以上の機体認証、又は国土交通省の許可・承認が必要となる。カテゴリーⅢ飛行を行う場合は、一等技能証明・第一種機体認証・国土交通省の許可及び承認の全てが必要となる。

表 7　ドローンの飛行カテゴリー

<table>
<tr><th rowspan="2">カテゴリー</th><th rowspan="2">無人航空機の飛行形態</th><th colspan="3">必要な資格・認証・手続き</th><th colspan="3">飛行許可・承認手続きに必要な操縦者資格・条件等</th></tr>
<tr><th>技能証明</th><th>機体認証</th><th>飛行許可・承認</th><th>国家資格（一等）</th><th>国家資格（二等）</th><th>民間資格</th></tr>
<tr><td>Ⅲ</td><td>レベル４飛行
第三者上空（有人地帯）における補助者なし目視外飛行
（立入管理措置を講じない）</td><td>必要
国家資格
一等のみ</td><td>必要
第一種機体
認証のみ</td><td>必要</td><td>必要</td><td>×
（飛行不可）</td><td>×
（飛行不可）</td></tr>
<tr><td>Ⅱ-A</td><td>第三者上空以外（立入管理措置を講じる）での特定飛行のうち、以下のパターン
○空港等周辺
○150m 以上の上空
○催し場所上空
○危険物輸送
○物件投下に係る飛行
○最大離陸重量 25kg 以上</td><td>－</td><td>－</td><td>必要</td><td colspan="3">資格の有無、種類は申請上は問わない
（技能証明を有しない場合は飛行経歴・知識・能力が求められる）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">II-B</td><td rowspan="2">第三者上空以外（立入管理措置を講じる）での特定飛行のうち、以下のパターン
○DID 上空
○夜間
○目視外飛行
○人又は物件から 30m の距離を取らない飛行
のいずれかであって、飛行させる無人航空機の最大離陸重量が 25kg 未満の場合</td><td>必要
国家資格
二等以上</td><td>必要
第二種機体
認証以上</td><td>－</td><td>－</td><td>－</td><td>－</td></tr>
<tr><td>－</td><td>－</td><td>必要</td><td colspan="3">資格の有無、種類は申請上は問わない
（技能証明を有しない場合は飛行経歴・知識・能力が求められる）</td></tr>
<tr><td>Ⅰ</td><td>その他の飛行（上記規制にかかわらないもの）</td><td colspan="3">いずれも不要</td><td>不要</td><td>不要</td><td>不要</td></tr>
</table>

5. 災害情報伝達手段としてのドローンの活用事例について

(１)宮城県仙台市の事例

宮城県仙台市では、海岸来訪者に向けて津波に関する警報を迅速に伝達するために、スピーカードローンを活用している。このドローンは、津波警報等のＪアラート情報を検知するとポートから自動で発進し、指定された海岸線上のルートを自動で飛行しながら音声放送を行う。ドローンの制御については、回線輻輳に影響を受けない自営 BWA システムを用いている。

このドローンは津波に関する警報等にのみ対応し、緊急地震速報等のその他の情報伝達を行わない。一方で、屋外スピーカーの音達範囲外をカバーし、また、自動で飛行・放送するため、人的操作によるタイムラグが発生しない。

ドローンの飛行に際し、訓練時については「人口密集地区の上空飛行」及び「目視外飛行」による特定飛行を行うため、航空法第 132 条の 85 及び 86 に基づく制限を受け、国土交通省の許可・承認が必要となる。実際の訓練時には、ドローンの飛行経路において立入管理措置を実施している。一方で、災害時については航空法第 132 条の 92 が適用されるため、無人航空機の特定飛行等に係る各種規定については適用を除外される。

仙台市が導入しているドローンについて、そのスペック、放送内容、及び事業者との保守契約内容を、表 8 から表 10 に示す。

表 8　仙台市で導入されているドローンのスペック

耐候性能	耐風性	10 m/s
	防水性	IP55
	動作温度	0 ～ 40 ℃
可搬性能	大きさ	0.79×0.68×0.52 m
	機体重量	9.8 kg 7.1 kg（スピーカー搭載なし）
運用時の距離性能	通信距離	4 km（仙台市仕様・BWA 通信下） 1 km（標準仕様）
	飛行時間	15 分 29 分（スピーカー搭載なし最長）
	飛行距離	8 km(片道 4 km の往復)
	自動着陸精度	水平 0.5 m
撮影性能	仙台市仕様	小型前方カメラのみ
	メーカーオプションカメラ 右記の 4 種類から選択	フルサイズカメラ 可視＋赤外線カメラ APS-C センサ 30 倍ズームカメラ ※搭載重量の関係で小型カメラのみ

表 9　仙台市でドローンから放送される放送内容

	Ｊアラートの種類	文章・時間	時間
1	大津波警報	サイレン（2 回） 緊急　緊急 大津波警報発表　直ちに避難せよ　大津波警報発表　直ちに避難せよ こちら仙台市	サイレン　10 秒 文章　　18 秒 合計　　28 秒
2	津波警報	サイレン（1 回） 津波警報発表　直ちに避難せよ　津波警報発表　直ちに避難せよ こちら仙台市	サイレン　7 秒 文章　　13 秒 合計　　20 秒
3	津波注意報	サイレン（1 回） 津波注意報発表　直ちに避難せよ　津波注意報発表　直ちに避難せよ こちら仙台市	サイレン　7 秒 文章　　14 秒 合計　　21 秒
4-①	訓練	サイレン（2 回） 訓練　訓練 大津波警報発表　直ちに避難せよ　大津波警報発表　直ちに避難せよ こちら仙台市 訓練　訓練	サイレン　10 秒 文章　　21 秒 合計　　31 秒
4-②	訓練	チャイム（1 回） 訓練　訓練 こちらは　仙台市です ただいま　津波避難広報ドローンの飛行訓練をおこなっております 訓練　訓練 チャイム（1 回）	チャイム　　4 秒 文章　　20 秒 チャイム　　4 秒 合計　　28 秒

表 10　仙台市で導入されているドローンの保守契約内容

	内容
発注者の役割	・ドローン機体等の保守運用方針の策定 ・国土交通省への飛行許可申請
契約対象となる設備等	・ドローン機体及びドローンポート2式、ドローン予備機体1機 ・ドローン運行管理システム ・BWA 用通信資機材
保守・点検・運用	・障害受付窓口設置（9:00～17:00） ・運用保守計画策定・報告(1 年に 1 回） ・市からの問い合わせ対応 ・インシデント・不具合対応 ・ハードウェア保守 ・ソフトウェア保守（アップデート、修正、設定変更） ・稼働状態等の遠隔監視 ・月 1 回の定期点検（飛行試験含む）・年 2 回の通信確認実施

(２)千葉県長生郡一宮町の事例

千葉県一宮町でも、仙台市と同様に海岸来訪者に向けて津波に関する警報を迅速に伝達するために、スピーカードローンを活用している。津波に関するＪアラート情報を検知すると、役場等の屋上にあるポートからドローンが自動発進し、海岸まで飛行したのち指定された海岸線上のルート上で自動音声放送を行う。仙台市と同様に沿岸部の屋外スピーカーの音達範囲外への情報伝達をカバーしている。

ドローンの飛行に際し、訓練時については、「目視外飛行」による特定飛行を行うため、航空法第 132 条の 86 に基づく制限を受け、国土交通省の承認が必要となる。実際の訓練時には、遠隔カメラを用いて飛行区域内が無人であることを常時確認して飛行を行っている。一方で、災害時については仙台市と同様に航空法第 132 条の 92 が適用されるため、無人飛行機の特定飛行等に係る各種規定については適用を除外される。

また、一宮町のドローンについては役場等の屋上から海岸までの区間では市街地の上空を飛行することとなる。民法上、第三者の土地の上空においてドローンを飛行させるに当たって必ずしも土地所有者の同意を得る必要があるわけではないが、地域の関係者に丁寧に説明し、理解と協力を得ることが重要となる。そのため、一宮町では、経路上の河川等を所有する県からは許可を得ており、地域住民に対しては広報周知を実施している。

一宮町が導入しているドローンについて、そのスペック、放送内容、及び事業者との保守契約内容を、表 11～表 13 に示す。

表 11　一宮町で導入されているドローンのスペック

耐候性能	耐風性	12 m/s
	防水性	IP55
	動作温度	−20 ～ 50 ℃
可搬性能	大きさ	0.47×0.58×0.22 m
	機体重量	4.3kg 4.0 kg（スピーカー搭載なし）
運用時の距離性能	通信距離	2.5 km 程度
	飛行時間	17 分 36 分（スピーカー搭載無し最長）
	飛行距離	7.4 km
	自動着陸精度	水平 0.1 m
撮影性能	カメラ	デジタル 3 倍ズーム/4K
	他カメラ	サーマルカメラ

表 12　一宮町でドローンから放送される放送内容

	Ｊアラートの種類	文章・時間	時間
1	大津波警報	サイレン（3 回） 大津波警報　大津波警報　直ちに高台に避難せよ 大津波警報　大津波警報　直ちに高台に避難せよ	サイレン　13 秒 文章　　17 秒 合計　　30 秒
2	津波警報	サイレン（2 回） 津波警報　津波警報　直ちに高台に避難せよ 津波警報　津波警報　直ちに高台に避難せよ	サイレン　22 秒 文章　　13 秒 合計　　35 秒
3	津波注意報	サイレン（2 回） 津波注意報　津波注意報　直ちに海岸から離れてください 津波注意報　津波注意報　直ちに海岸から離れてください	サイレン　16 秒 文章　　14 秒 合計　　30 秒
4	訓練	設定なし 訓練時は 1～3 のいずれかを用いる	

表 13　一宮町で導入されているドローンの保守契約内容

	内容
発注者の役割	・特になし
契約対象となる設備等	・ドローン機体一式 ・ドローン運行管理システム
保守・点検・運用	・ドローン運行管理システムが起因した際の障害対応 ・年１回のドローンポ―ト保守点検

（３）神奈川県大和市消防本部の事例

災害情報伝達以外の防災分野におけるドローン活用の一例として、神奈川県大和市消防本部での火災発生時の情報収集を目的とした手動飛行ドローンの活用事例を紹介する。大和市消防本部では、指令発令時に、消防本部庁舎の屋上からドローンを垂直上昇させ、火の見やぐらのように現場の状況を確認し、市内の消防署に情報を共有している。

また、災害の規模によっては、消防本部庁舎だけでなく、消防職員が災害現場でドローンを飛行させる場合もある。

市内の各消防署にドローンを配置しており、213 名のパイロットによる手動飛行で運用している。パイロットの養成には半年から１年を要する。また、夜間の飛行は想定していない。

災害現場でドローンを飛行させる場合、小型無人機等飛行禁止法による制約を受ける飛行場周辺ではドローンの飛行は行っていない。また、その他の空域で飛行させる場合にも、その都度、飛行場に連絡をしてドローンを運用している。

6. 災害対策用ドローンに関する財政措置

災害対策用のドローンについて、地方公共団体の防災部局が整備するものは、緊急防災・減債事業債等の地方財政措置の対象となっている。地方財政措置の対象となるドローンの要件については、「ドローンによる消防防災力の強化にむけた取り組みについて」（令和７年４月１日付け消防消第 85 号、消防災第 48 号）において定められている。

【参考】地方財政措置がなされるドローンの要件

- 「ドローンによる消防防災力の強化にむけた取り組みについて」（令和７年４月１日付け消防消第85号、消防災第48号）により、各自治体の防災部局において、災害対応の手段としてドローンを活用することが推奨されている。
- 同通知において地方財政措置の対象となるドローンの要件が定められている。

① 被害状況の把握や住民等への情報伝達など地方公共団体の防災部局が実施する災害応急対策にかかるものであること
② 地方公共団体の防災部局が整備・管理・運用するものであること
③ その他、必要に応じて、以下の条件を満たすこと
- **ドローンの機体および搭載するカメラについて、防水性能等級3以上を備えること**
- **動画撮影が可能なカメラを搭載し、撮影した動画を現場活動で活用できること**

（参考）ドローンに関する地方財政措置

➢ 地方公共団体の防災部局が整備・管理・運用するドローンについては、下記の地方財政措置の対象となっており、財政措置がなされる。

○緊急防災・減災事業債【令和７年度までの時限措置

○防災対策事業債

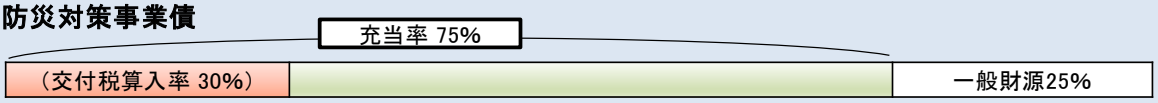


図 5 ドローンに関する地方財政措置

また、緊急防災・減災事業債の対象となるには、災害対応ドローンの整備や人材育成に係る計画を消防庁国民保護・防災部防災課に提出し、要件を満たすことの確認を経る必要がある。

第2章　実証実験について

1. 実証実験の概要

1.1. 用語について

本報告書で使用する用語解説を表 14 に示す。

表 14　用語解説

用語	解説
音達範囲	スピーカーからの音声の届く範囲
了解度	音声内容をどれだけはっきりと理解できるかの指標
IP コード	電気製品が水に対してどれだけ保護されているかを示す国際規格（IEC60549　JIS　C 0920）
ホバリング	空中で一点に静止する飛行方法、またその状態
巡航飛行	ドローンが警備等の目的で一定エリアを巡回するように飛行すること
飛行時間	1 セットのバッテリーでドローンが継続飛行できる時間のメーカー規格値。但し、使用される環境（風、気温等）により変動する

1.2. 実証実験の目的

検討会における実証実験の目的及び確認事項は、次のとおりである。

【実施目的】

スピーカードローンが現行の屋外スピーカー等の主たる災害情報伝達手段の代替又は補完として有効に機能し得るかについて、実証実験を通じて確認する。具体的には以下の３つの内容を実施する。

① 自治体が災害時にドローンを使用する際の留意事項を整理するための検証

② ドローンが主たる災害情報伝達手段として認められるための要件を設定する上で必要な事項に関する検証

③ スピーカードローンを運用する上で想定される課題の抽出と、対応方針を決定するために必要なデータを取得するための検証

【確認事項】

実証実験で検討すべきドローンについての留意事項を確認するため、以下の事項について検証する。

a：スピーカードローンの音達範囲の検証

b：Ｊアラートとの連動の可否及び即時性

c：気象庁、内閣官房が発出する情報及び自治体が個別に発出する避難情報の伝達の可否

d：ドローンの運用に関する具体的な手順、注意事項等

e：災害時の情報伝達におけるドローンの有効性・耐候性

1.3. 実証実験での検討要件

スピーカードローンに関して検討する要件として、以下のａからｅの５つの項目を取り上げた。それぞれの項目についての検証方法と評価項目について示す。

（１）確認事項ａ：スピーカードローンの音達範囲の検証

表 15-1　確認事項ａ

実証実験での確認項目	検証方法	評価項目
想定する放送地域において、ドローンに搭載したスピーカーからの音声が明瞭に聞き取れること	ドローンと観測者の水平距離、ドローンの飛行高度・速度やスピーカーの出力を変えて飛行を行い、観測地点での放送の聞こえ方や音圧等を計測する。	・騒音計計測による音圧 ・観測者による評価（了解度、音の大きさ、音声が判別可能な時間）

（２）確認事項ｂ：Ｊアラートとの連動の可否及び即時性

表 15-2　確認事項ｂ

実証実験での確認項目	検証方法	評価項目
緊急地震速報のように即時性が求められる情報を伝達する場合には、即座に飛行・放送がなされること	既にＪアラートと連動して自動飛行・放送が可能な自治体（千葉県一宮町及び宮城県仙台市）において、Ｊアラートを模した信号を発信し、実証実験を行う。	・Ｊアラート受信から飛行開始までの経過時間 ・Ｊアラート受信から音声放送開始までの経過時間

（３）確認事項ｃ：気象庁、内閣官房が発出する情報及び自治体が個別に発出する避難情報の伝達の可否

表 15-3　確認事項ｃ

実証実験での確認項目	検証方法	評価項目
気象庁や内閣官房から発出される情報のほか、自治体が個別に発出する避難情報など、想定する災害情報の伝達が可能であること	情報の種類・音声内容や発信方法を確認の上、複数の音声パターンで飛行可能かを確認する。	・受信した信号に応じた内容の放送可否

（４）確認事項ｄ：ドローンの運用に関する具体的な手順、注意事項等

表 15-4　確認事項ｄ

実証実験での確認項目	検証方法	評価項目
運用マニュアルの作成などを行い、人事異動が発生しても適切な運用が継続できること	災害時に自治体職員がドローンを運用することを想定し、自治体職員等にもご参加いただいた上で実験を行い、ドローン運用上の課題を抽出する。	・課題項目の抽出（自治体職員等からのヒアリング）を通じて明らかになった技術的な問題への対処方針等について整理（機体操作に必要な手順数、準備工程の所要時間、トラブル発生時の復旧手順と対応所要時間など、運用負荷の定量的な把握及び注意事項の整理）
ドローンの飛行にあたり、法令に定められたものや、住民への説明など必要な手続きを実施すること	ドローンの飛行に必要な手続きを整理した上で実験を行い、課題を抽出する。	・実証実験全体を通じてトラブルが発生しなかったか等について整理

（５）確認事項ｅ：災害時の情報伝達におけるドローンの有効性・耐候性

表 15-5　確認事項ｅ

実証実験での確認項目	検証方法	評価項目
想定する運用状況に応じて必要な耐水性を具備していること	降雨を再現可能な大型降雨実験施設で、耐水性能の試験を行う。	・ドローンのメーカースペック（IP コード）と降雨量の関係 ・大雨警報、注意報クラスの降雨量（猛烈な雨 80mm/h）に対しての耐水性
想定する運用状況に応じて必要な耐風性を具備していること	強風を再現可能な実験施設で、耐風性能の試験を行う。	・ドローンの耐風性能

1.4. 検討要件と実証実験の対応

各実証実験と確認事項の対応について表 16 に示す。

表 16　検証項目と実験等の対応

実験種類		実験時に主に確認する事項
実証１	音声伝達性能検証	a：スピーカードローンの音達範囲の検証
実証２	J アラートとの連動による自動飛行時の即時性検証	b：J アラートとの連動の可否及び即時性 c：気象庁、内閣官房が発出する情報及び自治体が個別に発出する避難情報の伝達の可否
実証３	運用時における技術課題抽出	d：ドローンの運用に関する具体的な手順、注意事項等
実証４	災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証	e：災害時の情報伝達におけるドローンの有効性・耐候性

1.5.1. 実証実験実施場所・全体日程

（1）実証実験実施場所

表 17　実証実験実施場所とその環境

実施場所	対象実験種類	環境
宮城県仙台市	実証２　Ｊアラートとの連動による自動飛行時の即時性検証 実証３　運用時における技術課題抽出	沿岸
千葉県一宮町	実証２　Ｊアラートとの連動による自動飛行時の即時性検証 実証３　運用時における技術課題抽出	住宅地 沿岸
宮城県白石市	実証１　音声伝達性能検証 実証３　運用時における技術課題抽出	山間部
大型降雨実験施設	実証４　災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証	実験施設
板橋 MFLP ドローンフィールド	実証１　音声伝達性能検証	住宅地

（2）実証実験日程

表 18　実証実験日程

項目	実施場所	実施期間
実証実験準備 飛行許可申請等、各種申請の提出	―	10 月下旬まで
実証１　音声伝達性能検証	宮城県　白石市	11 月 18 日、19 日、20 日
	板橋ドローンフィールド	12 月 2 日、24 日
実証２　Ｊアラートとの連動による自動飛行時の即時性検証	宮城県　仙台市	11 月 25 日
	千葉県　一宮町	11 月 27 日
実証３　運用時における技術課題抽出	宮城県　白石市	11 月 20 日
	宮城県　仙台市	11 月 25 日
	千葉県　一宮町	11 月 28 日
実証４　災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証	大型降雨実験施設	12 月 10 日～11 日

1.5.2. 実証１　音声伝達性能検証

（１）実験目的

スピーカードローンの音達範囲の検証を行う目的で、ドローンと観測者との水平距離、ドローンの飛行速度、飛行高度やスピーカーの音量等を変えて飛行を行い、観測地点での避難放送等の聞こえ方や音圧等を計測する。また、音声の長さに関する評価を行う。これらにより、スピーカードローンが発する音声の有効伝達距離や、ドローンの飛行速度・高度、ドローンと観測者の水平距離、スピーカードローンの向きの変更に伴う音声伝達性能の変化を確認し、放送内容が問題なく理解できるような適切な放送について検討する。

（２）実験概要

（ア）実証場所１　宮城県白石市

・実験日時：2025 年 11 月 18 日、19 日、20 日

・実験場所：宮城県白石市　みやぎ蔵王白石スキー場

写真　1　みやぎ蔵王白石スキー場

（イ）実証場所２　板橋ドローンフィールド

・実験日時：2025 年 12 月２、24 日

・実験場所：東京都板橋区　板橋 MFLP

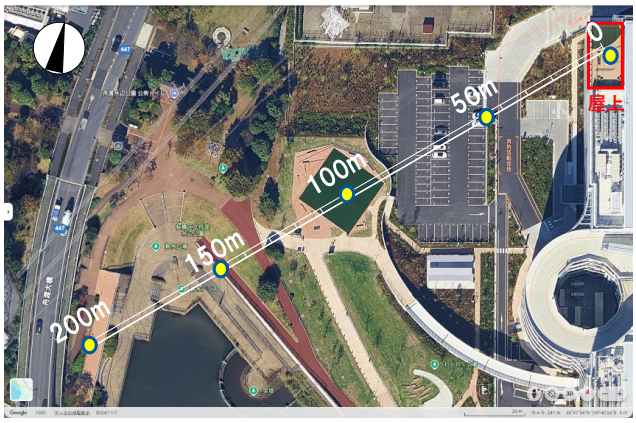


写真 2　板橋ドローンフィールド

（３）実験方法

（ア）実証場所１　宮城県白石市

(a) ドローンとの水平距離の変化による音声伝達性能の検証

観測者とドローンとの水平距離や、ドローンの飛行高度、スピーカードローンの向きを変え、音圧測定と観測者による了解度、音の大きさの評価を行った。ドローンは、各測定位置でホバリングさせながら音声を流した。

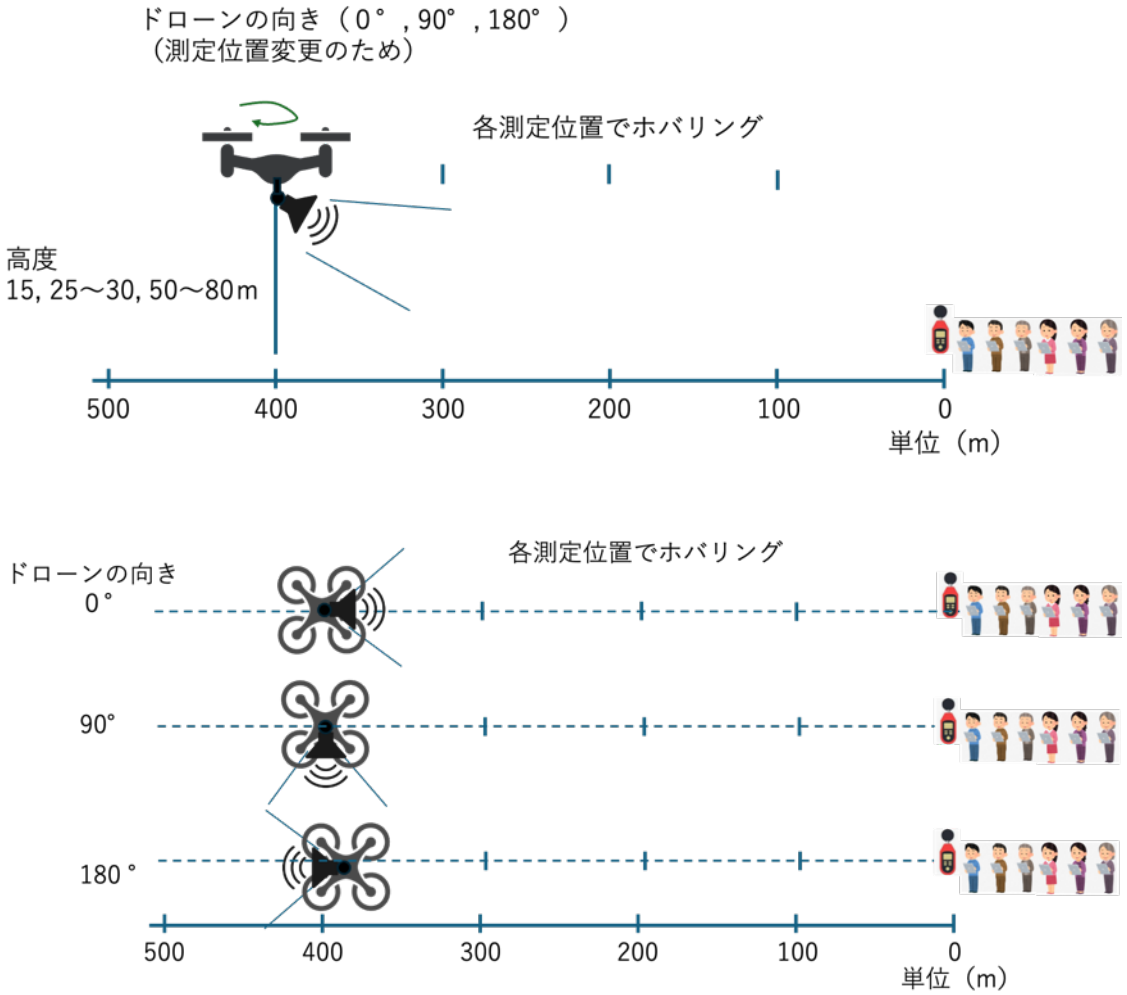


図 6　ドローンとの水平距離の変化による音声伝達性能の検証

(b) ドローンの飛行速度の変化による音声伝達性能の検証

ドローンの飛行速度・高度や、向きを変え、音圧測定と観測者による了解度、音の大きさ、聞こえる時間の評価を行った。ドローンは、水平に一定の速度で飛行しながら音声を流した。

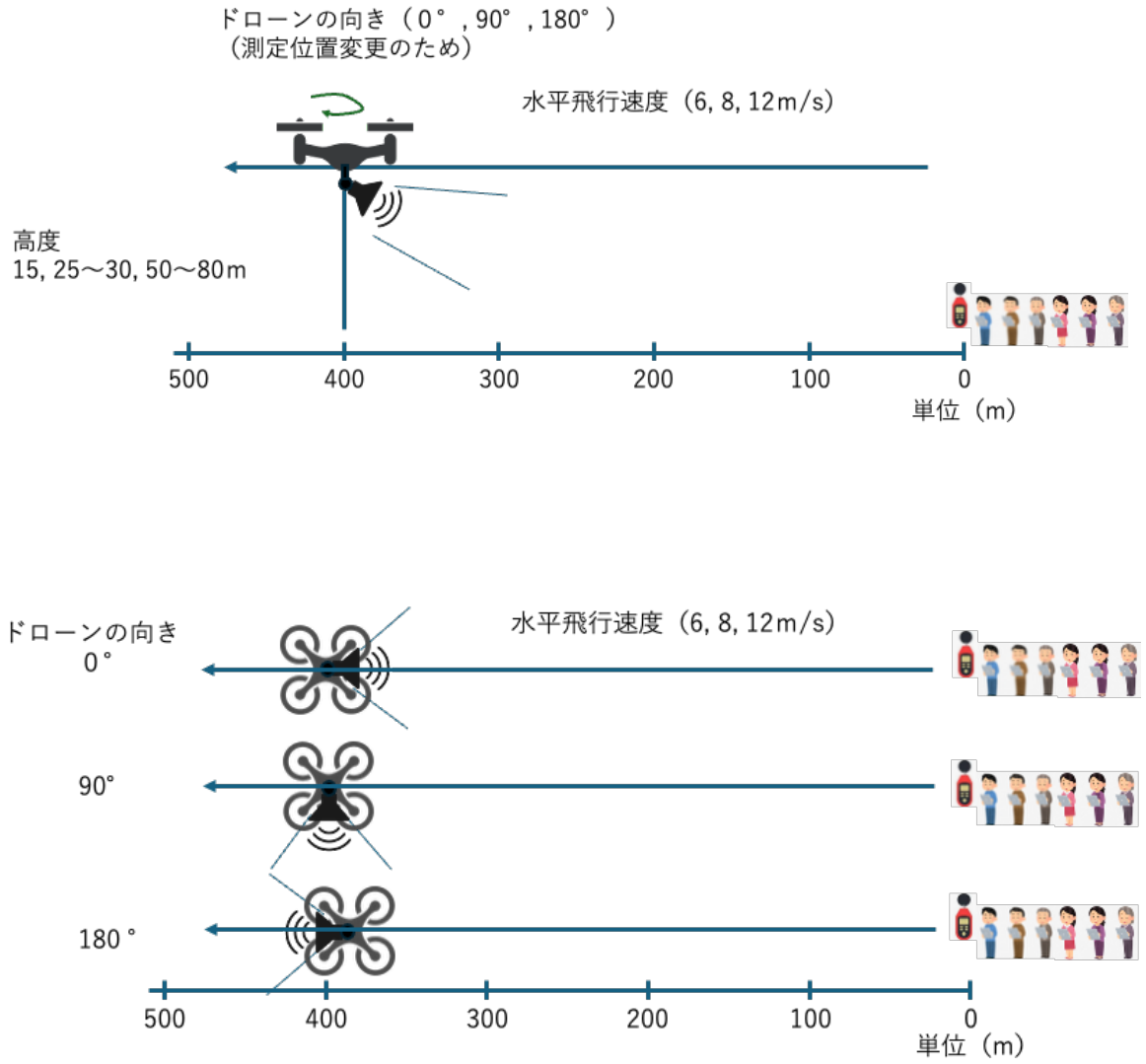


図 7　ドローンの飛行速度の変化による音声伝達性能の検証

(c) ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証

ドローンよりも観測者の方が高度が高い（ドローンの相対高度がマイナス）条件で計測を行った。この検証においては、水平距離 400m、相対高度－60m の条件で計測を行った。

ここでの測定結果について、「(a)ドローンとの水平距離の変化による音声伝達性能の検証」におけるドローンの相対高度がプラスの場合の測定結果と比較した。

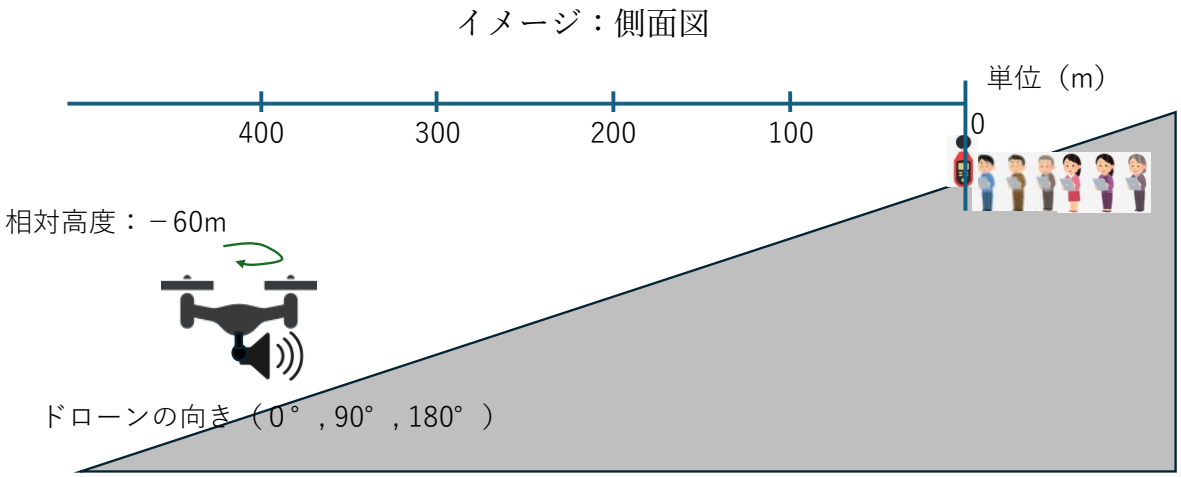


図 8　ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証

（イ）実証場所２　板橋ドローンフィールド

(a) 建物による音達への影響の検証

高さ 45m の屋上に設置されたドローンから、避難放送やサイレンを発し、屋外での音声を計測した。観測者は、ドローンからの水平距離が 0 、50、100、150、200m の各地点で音声の大きさ・了解度について評価を行った。スピーカードローンの向きは、観測者に向かって 0 度、90 度、180 度とした。

イメージ：側面図

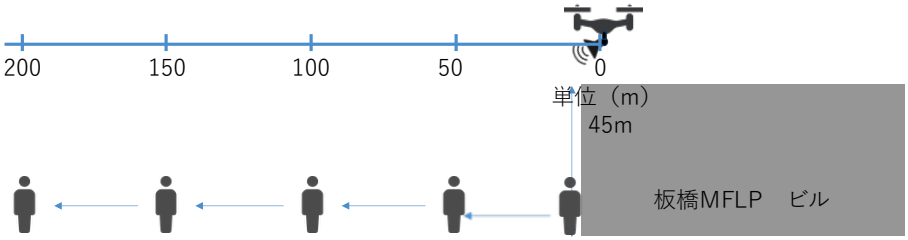


図 9　建物による音達への影響の検証

(b) 遮蔽物の有無についての検証

建物屋上のガラス壁による遮蔽がある場合と無い場合の両方で計測を行い、結果を比較して、遮蔽物の有無による音達への影響についての検証を行った。

なお、遮蔽物がある状態では、屋上に設置されたドローンと観測者の間で、見通しが取れない状態であった。

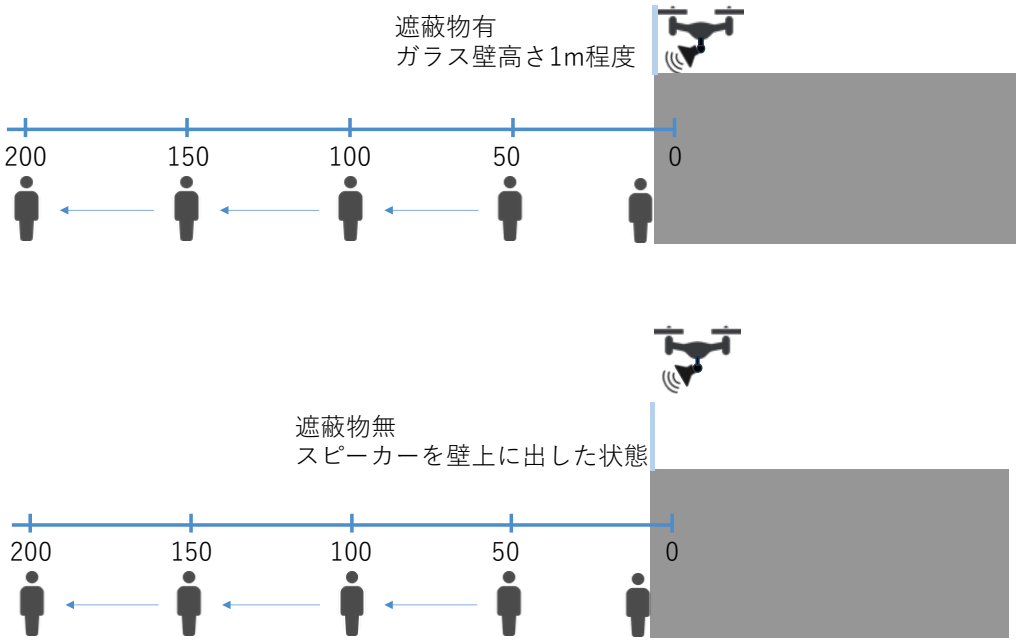


図 10　遮蔽物の有無についての検証

(c) ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証

下図のとおり、ドローンよりも観測者の方が高度が高い（相対高度がマイナス）条件下で計測を行った実験場所での観測者及びドローンの配置の都合上、水平距離 50、100m、相対高度－45m の条件で計測を行った。

この結果について、ドローンの観測者に対する相対高度が＋45m となる、(a)の測定結果と比較した。

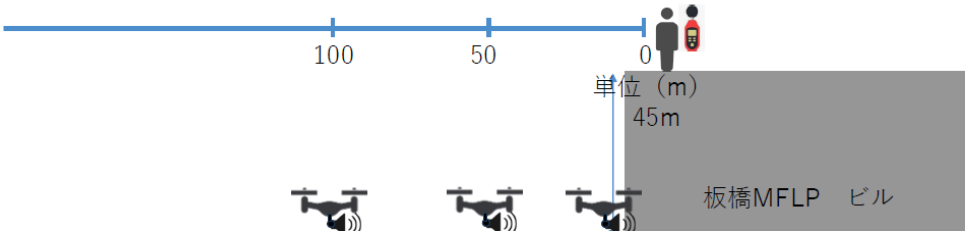


図 11　ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証

（４）実証実験における評価方法

（ア）音声伝達性能の評価

スピーカードローンが発する音声については、騒音計による音圧の計測（定量的な評価）のほかに、観測者による評価を実施した。観測者の評価基準は、以下のとおり。

a）了解度：音声内容をどれだけはっきりと理解できるか

表 19-1　了解度の評点と基準

評点	了解度の評価基準
5	全ての放送文面を理解できる
4	８割程度の放送文面を理解できる
3	５割程度の放送文面を理解できる
2	２割程度の放送文面を理解できる
1	放送文面が理解できない

b）音の大きさ：どれぐらい音が大きいと感じたか

表 19-2　音の大きさの評点と基準

評点	音の大きさの評価基準
5	大きすぎる
4	やや大きい　（放送音がややうるさく感じる）
3	ちょうどよい（音量について特段の印象はない）
2	やや小さい　（周囲の騒音に対して放送音の音量が小さい）
1	小さすぎる　（周囲の騒音に対して放送音の音量が小さすぎて聞こえない）

c）音の聞こえる時間：どのぐらいの時間、放送内容が聞き取れたか

実証実験では、ドローンが飛行（移動）しながら放送を行った。音の発生源が移動するため、観測者には、音が聞こえ始めるタイミングと聞こえ終わるタイミングが生じると想定される。聞こえ始めから聞こえ終わりまでの時間が、放送する文面の設定にも影響すると考えられるため、観測者側で音声の聞こえ始めから聞こえ終わりまでの時間を計測した。

（イ）計測方法

ドローンからの音声が聞こえ始めた時間と聞こえ終わりの時間について、ストップウォッチ等を使用して観測者が記録した。

（ウ）観測者数

評価を行う観測者は８名とした。なお、観測者の年齢や性別による評価は行わない。

（エ）風速・風向値の取得

風速・風向による音達への影響を考慮するため、風速計を用いて地上付近の風速・風向を測定し、以下の手法により、ドローンの飛行高度における風速・風向に換算した。

１）地上付近の風速の計測値からドローンの飛行高度における風速への換算

ドローンの高度付近の風速について、風速のべき乗則により、地上付近の風速の計測値を用いて換算した。

２）ドローンの飛行高度における風向の換算

地形の影響を考慮して風向の鉛直分布の算出を行っている天気予報サービスから風向の値を取得し、ドローン飛行高度の風向について、地上付近の風向の計測値を用いて換算した。

（５）実験ケース

（ア） 実証場所１　宮城県白石市

(a) ドローンとの水平距離・ドローンの飛行高度の変化による音声伝達性能の検証

表 20　ドローンとの水平距離・ドローンの飛行高度の変化による音声伝達性能の実験内容

項目	詳細
スピーカードローンの種類	2 種類
ドローンの飛行高度 （観測者との高度差）	3 パターン 15 m（防災行政無線の地上高） 25 ～ 30 m（津波避難広報ドローンで採用された飛行高度） 50 ～ 80 m（巡航飛行時に想定される飛行高度）
ドローンと観測者の水平距離	4 パターン 0 m、100 m、300 m、400 m
ドローンと観測者の向き	水平方向 3 パターン 0 度（正面）、90 度（側面）、180 度（後面）

(b) ドローンの飛行速度の変化による音声伝達性能の検証

表 21　ドローンの飛行速度の変化による音声伝達性能の実験内容

項目	詳細
スピーカードローンの種類	2 種類
ドローンの飛行高度	3 パターン 15 m（防災行政無線の地上高） 30 m（津波避難広報ドローンで採用された飛行高度） 60 m（巡航飛行時に想定される飛行高度）
ドローンの飛行速度	3 パターン 6 m/s（22 km/h）：津波避難の呼びかけ（実速度） 8 m/s（29 km/h）：巡航飛行 12 m/s（43 km/h）：使用するドローンにおいてメーカーが奨励している最高速度
ドローンと観測者の向き	3 パターン 0 度（正面） 90 度（側面） 180 度（後面：ドローンが観測者位置を通過した状況）

（c）高度マイナスの音達試験

表 22　高度マイナスの音達試験の内容

項目	ケース
スピーカードローンの種類	2 種類
ドローンと観測者の相対高度	1 パターン　－60 m
ドローンと観測者の向き	3 パターン 0 度：正面 90 度：側面 180 度：後面（ドローンが観測者位置を通過した状況）

（イ）　実証場所２　板橋ドローンフィールド

表 23　板橋ドローンフィールドでの音達試験の内容

項目	詳細
ドローンの種類	1 種類
ドローンと 観測者との高度差	2 パターン ドローン高度＋45 m（ドローン：建物屋上、観測者：地上） ドローン高度－45 m（ドローン：地上、観測者：建物屋上）
ドローンと 観測者の水平距離	5 パターン 0 m、50 m、100 m、150 m、200 m
ドローンの 観測者への向き	水平方向 3 パターン 0 度（正面） 90 度（側面） 180 度（後面）
遮蔽物の有無	2 パターン 遮蔽物なし：ドローンと観測者が直接見通し可能 遮蔽物あり：ドローンと観測者間にガラスによる壁面があり 直接見通すことができない

（6）使用機材

(a)ドローン

表 24-1　音達試験で用いたドローンの性能

ドローン		ドローン 1A	ドローン 1B
実験場所		実証場所 1　宮城県白石市	実証場所 1　宮城県白石市 実証場所 2　板橋 DF
耐候性	耐風性	12 m/s	12 m/s
	防水性	IP55	IP55
	動作温度	－20 ～ 50 ℃	－20 ～ 50 ℃
可搬性	大きさ	0.81×0.67×0.43 m	0.37×0.42×0.21 m
	機体重量	6.5 kg（標準バッテリーのみ）	1.8 kg（標準バッテリーのみ）
運用時の距離性能	通信距離	8 km	10 km
	飛行時間	最大 55 分	最大 47 分
	自動着陸精度	水平 0.1 m	水平 0.1 m
スピーカー		スピーカー1A	スピーカー1B

(b) スピーカー

表 24-2　音達試験で用いたスピーカーの性能

スピーカー		スピーカー1A	スピーカー1B
使用場所		実証場所 1　宮城県白石市	実証場所 1　宮城県白石市 実証場所 2　板橋 DF
音声性能	最大電圧	30 W	15 W
	最大音量	127 dB（1 m 距離）	114 dB
	出力音圧レベル※	112 dB/W/m	102 dB/W/m
	有効可聴距離	最大 500 m	最大 300 m
	防水性	IP55	IP55
	動作温度	－20 ～ 50 ℃	－20 ～ 50 ℃
可搬性	大きさ	0.13×0.12×0.14 m	0.07×0.07×0.05 m
	重量	0.69 kg	0.093 kg

※出力音圧レベルは、最大電圧・最大音量の数値からの計算値

（７）使用した試験音声

使用した試験音声は以下のとおり。

（ア）実証場所１　宮城県白石市

表 25-1　白石市での試験音声

文章・時間	時間
音の聞こえやすさ、明瞭度に関する試験	
サイレン（1 回）	チャイム　4 秒
訓練　訓練	文章　4 秒
こちらは白石市（しろいしし）です	文章　5 秒
試験放送を行っております	文章　5 秒
訓練　訓練	文章　4 秒
サイレン（1 回）	チャイム　4 秒
	合計　26 秒程度
音の長さに関する試験	
サイレン（連続）	連続で再生

（イ）実証場所２　板橋ドローンフィールド

表 25-2　板橋ドローンフィールドでの試験音声

文章・時間	時間
音の聞こえやすさ、明瞭度に関する試験	
サイレン（1 回）	チャイム　4 秒
訓練　訓練	文章　4 秒
試験放送を行っております	文章　5 秒
訓練　訓練	文章　4 秒
サイレン（1 回）	チャイム　4 秒
	合計　21 秒程度

1.5.3. 実証２　Ｊアラートとの連動による自動飛行時の即時性検証

（１）実験目的

災害情報は、発災後、即座に伝達されることが重要である。また、市町村が必要とする防災情報を制約なく伝達できる必要がある。

これらの要件について、既に、Ｊアラートと連動し、自動で飛行・放送が可能なドローンを導入している自治体（宮城県仙台市及び千葉県一宮町）において、「Ｊアラート受信から放送開始までの時間」や「各災害情報に応じた音声変更の可否」などを確認し、システムの即時性と柔軟性を把握する。

（２）実験日時・場所

・実証場所 1：2025 年 11 月 25 日　宮城県仙台市　南蒲生浄化センターポンプ棟屋上
・実証場所 2：2025 年 11 月 27 日　千葉県一宮町　千葉県一宮町役場屋上

（３）実験方法

Ｊアラートを模した信号を発信し、以下の時間を計測した。

・Ｊアラート受信から飛行開始までの経過時間
・Ｊアラート受信から音声放送開始までの経過時間

また、発災後に津波に関する情報と、地震に関する情報を、それぞれ放送することを想定し、「各災害に応じた音声変更の可否」を確認した。具体的には、異なる信号を受信した際、それぞれの信号に対応した内容で放送できるかを確認した。

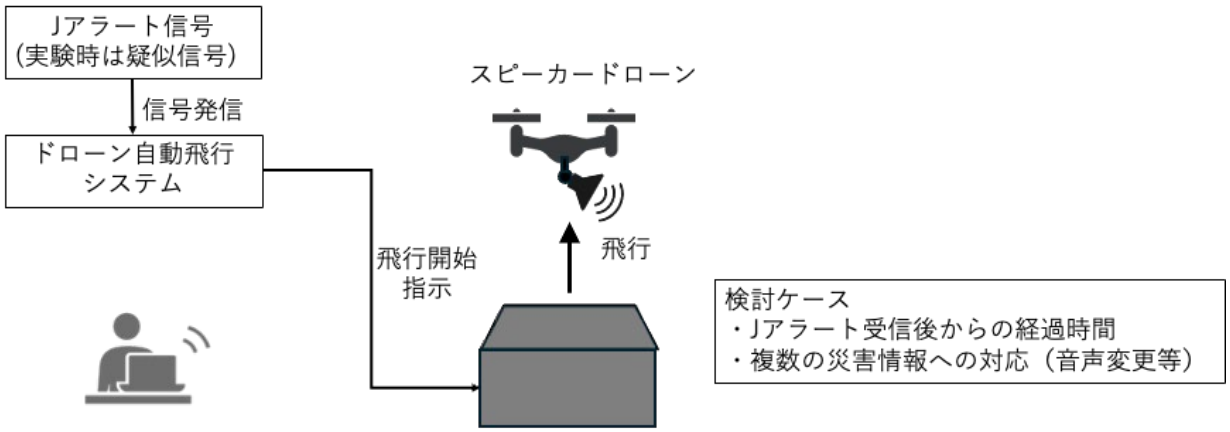


図 12　Ｊアラートとの連動による自動飛行

（4）使用機材

表 26　Ｊアラートとの連動による自動飛行時の即時性検証で用いた機材

実験場所			実験場所１　仙台市	実験場所２　一宮町
ドローン			ドローン 2A	ドローン 2B
	耐候性	耐風性	10 m/s	12 m/s
		防水性	IP55	IP55
		動作温度	0 ～ 40 ℃	－20 ～ 50 ℃
	可搬性	大きさ	0.79×0.68×0.52 m	0.47×0.58×0.22 m
		機体重量	9.8 kg（仙台市仕様） 7.1 kg（搭載なし）	4.3 kg（一宮町仕様） 4.0 kg（搭載なし）
	運用時の距離性能	通信距離	BWA 通信下では 4 km 1 km（標準仕様）	2.5 km 程度
		飛行時間	15 分（仙台市）	17 分（一宮町）
		飛行距離	8 km(片道 4 km の往復：仙台市)	7.4 km（一宮町）
		自動着陸精度	水平 0.5 m	水平 0.1 m
	搭載カメラ		前方 FPV カメラ	デジタル 3 倍/4K カメラ/サーマル 前方 FPV カメラ
	ドローンポートの通信		閉域ネットワーク	役場内ネットワーク 一部公衆回線
搭載スピーカー			スピーカー2A	スピーカー2B
	音声性能	最大電圧	5 W	15 W
		最大音量	105 dB（1 m 距離）	122 dB（1 m 距離）
		出力音圧レベル※	98 dB/W/m	110 dB/W/m
		有効可聴距離	最大 120 m（60 dB 以上）	最大 350 m（69 dB）
		防水性	IP55 相当	IPX3
		動作温度	－20 ～ 50 ℃	－20 ～ 50 ℃
	可搬性能	大きさ	0.19×0.19×0.05 m	0.16×0.11×0.08 m
		重量	0.65 kg	0.3 kg

※出力音圧レベルは、最大電圧・最大音量の数値からの計算値

（５）試験音声

受信から放送開始までに要する時間の計測において、下記の仙台市及び一宮町における訓練放送を使用した。また、「各災害に応じた音声変更の可否」に関する試験については、下記とは異なる音声を用いて検証した。

受信から放送開始までに要する時間の計測において、試験音声は、仙台市及び一宮町における訓練放送を使用した。また、津波警報等以外のＪアラート信号への対応可否に関する試験については、異なる音声を用いて、放送文言の変更対応の可否を検証した。

（ア）実証場所１　宮城県仙台市

表 27-1　仙台市での試験音声

項目	文章	時間
訓練	チャイム（1 回） 訓練　訓練　こちらは　仙台市です ただいま　津波避難広報ドローンの飛行訓練を行っております 訓練　訓練 チャイム（1 回）	チャイム　4 秒 文章　20 秒 チャイム　4 秒 合計　28 秒
津波注意報	サイレン（1 回） 津波注意報発表　直ちに避難せよ　津波注意報発表　直ちに避難せよ こちら仙台市	サイレン　7 秒 文章　14 秒 合計　21 秒
津波警報	サイレン（1 回） 津波警報発表　直ちに避難せよ　津波警報発表　直ちに避難せよ こちら仙台市	サイレン　7 秒 文章　13 秒 合計　20 秒
大津波警報	サイレン（2 回） 緊急　緊急 大津波警報発表　直ちに避難せよ　大津波警報発表　直ちに避難せよ こちら仙台市	サイレン　10 秒 文章　18 秒 合計　28 秒

（イ）実証場所２　千葉県一宮町

表 27-2　一宮町での試験音声

項目	文章	時間
津波注意報 （訓練）	サイレン（2 回） 訓練　訓練 津波注意報　津波注意報　直ちに海岸から離れてください これは訓練です	サイレン　22 秒 文章　20 秒 合計　42 秒
津波警報 （訓練）	サイレン（2 回） 訓練　訓練 津波警報　津波警報　直ちに高台に避難せよ これは訓練です	サイレン　16 秒 文章　17 秒 合計　33 秒
大津波警報 （訓練）	サイレン（3 回） 訓練　訓練 大津波警報　大津波警報　直ちに高台に避難せよ これは訓練です	サイレン　14 秒 文章　20 秒 合計　31 秒

1.5.4. 実証３　運用時における技術課題抽出

災害時に自治体職員がドローンを運用する事を想定し、自治体職員等を交えて実験を行い、ドローンの運用上の技術課題等を抽出する。

（１）実験日時・場所

・実証場所１：2025 年 11 月 25 日　宮城県仙台市　南蒲生浄化センターポンプ棟屋上
・実証場所２：2025 年 11 月 27 日　千葉県一宮町　津波避難
（伊勢化学工業事務所ビル屋上）
・実証場所３：2025 年 11 月 20 日　宮城県白石市　みやぎ蔵王白石スキー場

（２）実験方法

ドローンによる放送を行うフローの例を表 28、表 29 に示す。自動操作で警報を行う場合は、下記（a）における行動５について、飛行・警報開始時に自治体職員が行う飛行の確認等について、課題を抽出した。手動操作で放送を行う場合は、下記（b）における行動３以降の自治体職員が行うドローンの準備・飛行について、課題を抽出した。

実験においては、自治体職員にドローンの飛行準備から飛行までの体験などをしていただき、職員が運用する上での課題等をヒアリングして抽出した。

(a) 自動で放送を行うフロー

・実証場所１：宮城県仙台市で実施

表 28　自動音声放送のフロー

行動	項目	フロー(例)
0	緊急情報発信の発生	大津波警報等の緊急に情報伝達を要する事態の発生
1	消防庁送信システム	消防庁よりJアラート送信システムを通じて全国に情報伝達
2	J-アラート受信機	地方自治体等に設置されたJアラート受信機で情報受信
3	自動起動装置	地方自治体等に設置された自動起動装置から、Jアラートの情報をドローン飛行管理システムに伝達
4	ドローン運行管理システム	ドローン運行管理システムで、Jアラートの情報を受信し、ドローン(ドローンポート)に飛行・避難広報の開始指示
5		ドローン運行管理システムからの指示により、ドローンポートからドローンが離陸し、飛行・避難広報を開始 飛行中は、ドローンの飛行情報やカメラの映像をドローン運行管理システムに配信 (指示からドローン離陸・避難広報開始までのおおよその時間:1分～2分)

(b) 手動操作で放送を行うフロー

・実証場所２：千葉県一宮町、実証場所３：宮城県白石市で実施

表 29　手動音声放送のフロー

行動	項目	フロー(例)
0	緊急情報発信の発生	大津波警報等の緊急に情報伝達を要する事態の発生
1	消防庁送信システム	消防庁よりJアラート送信システムを通じて全国に情報伝達
2	J-アラート受信機	地方自治体等に設置されたJアラート受信機で情報受信
3		Jアラートの情報を確認した自治体職員が、ドローンの飛行を準備 準備内容：バッテリー残量の確認、機体確認
4		ドローンの離陸場所に到着した職員(操縦者)が、ドローンの飛行・避難広報を開始 インターネット回線を通じて、飛行中のドローンの位置情報や映像等を事務所の職員が閲覧

（3）評価方法

各自治体の職員にヒアリングを行った。

（4）実験ケース

本実証においては、山林での遭難時や津波警報等の発令等を想定して飛行を実施したほか、地理的条件（音達、電波伝搬、放送範囲の広さ、風の影響など）に起因する留意事項等を整理した。

・実証場所１：宮城県仙台市

想定：津波警報の発令に伴う沿岸部への呼びかけ

環境：沿岸部

写真 3　仙台市沿岸部

・実証場所２：千葉県一宮町

想定：津波避難場所（建物屋上）への避難者の確認と呼びかけ

環境：沿岸部、建物

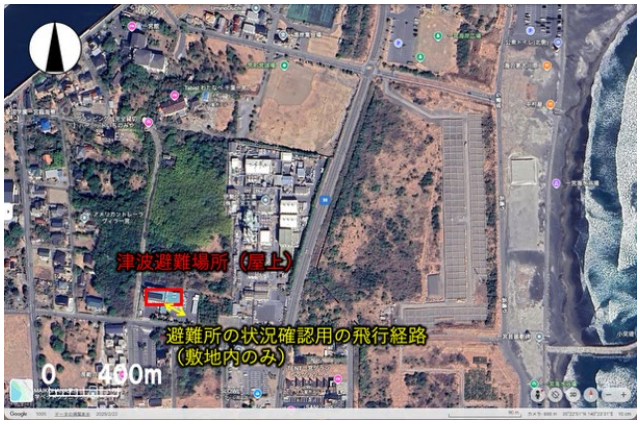


写真 4　一宮町沿岸部

・実証場所３：宮城県白石市

想定：山林での遭難者の確認と呼びかけ

環境：山間部

写真 5　白石市山間部

（５）使用機材

表 30　運用時における技術課題抽出で用いた機材

実験場所			仙台市	一宮町	白石市
ドローン			ドローン 3A	ドローン 3B	ドローン 3C
	耐候性	耐風性	10 m/s	12 m/s	12 m/s
		防水性	IP55	IP55	IP55
		動作温度	0 ～ 40 ℃	－20 ～ 50 ℃	－20 ～ 50 ℃
	可搬性	大きさ	0.79×0.68×0.52 m	0.47×0.58×0.22 m	0.37×0.42×0.21 m
		機体重量	9.8 kg（仙台市仕様）	4.3 kg（一宮町仕様）	1.8 kg （標準バッテリーのみ）
	運用時の距離性能	通信距離	BWA 通信下では 4 km	2.5 km 程度	10 km
		飛行時間	15 分（仙台市）	17 分（一宮町）	最大 47 分
		飛行距離	8 km(片道 4 km の往復：仙台市）	7.4 km（一宮町）	-
		自動着陸精度	水平 0.5 m	水平 0.1 m	水平 0.1 m
	搭載カメラ		前方 FPV カメラ	デジタル 3 倍/4K カメラ/サーマル 前方 FPV カメラ	デジタル 3 倍/4K カメラ/サーマル 前方 FPV カメラ
	ドローンポートの通信		閉域ネットワーク	役場内ネットワーク 一部公衆回線	-
搭載スピーカー			スピーカー3A	スピーカー3B	スピーカー3C
	音声性能	最大電圧	5 W	15 W	15 W
		最大音量	105 dB（1 m 距離）	122 dB（1 m 距離）	114 dB
		出力音圧レベル※	98 dB/W/m	110 dB/W/m	102 dB/W/m
		有効可聴距離	最大 120 m（60 dB 以上）	最大 350 m（69 dB）	最大 300 m
		防水性	IP55 相当	IPX3	IP55
		動作温度	－20 ～ 50 ℃	－20 ～ 50℃	－20 ～ 50 ℃
	可搬性	大きさ	0.19×0.19×0.05 m	0.16×0.11×0.08 m	0.07×0.07×0.05 m
		重量	0.65 kg	0.3 kg	0.093 kg

※出力音圧レベルは、最大電圧・最大音量の数値からの計算値

(６)試験音声

(a) 自動操作で放送を行うフロー

仙台市での試験に関しては、以下の内容で放送を行った。

表 31　仙台市で用いた試験音声

項目	文章・時間	時間
津波避難広報	サイレン（2 回） 訓練　訓練　こちらは　仙台市です ただいま　津波避難広報ドローンの飛行訓練を行っております 訓練　訓練 サイレン（2 回）	サイレン　4 秒 文章　20 秒 サイレン　4 秒
		合計　28 秒

(b) 手動操作で放送

一宮町及び白石市で実施する手動操作のドローンを使用する試験に関しては、送信機（マイク）を通じ、ドローンから呼びかける形で、肉声放送による警報を実施した。

1.5.5. 実証４　災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証

（１）実験の目的

災害情報伝達手段としてのスピーカードローンは、災害環境下において、期待された性能を発揮することが必要である。ただし、ドローンは飛行体かつ精密機器であり、耐風性能や防水性能には、メーカーが保証する性能限界がある。また、周辺環境の変化によって、スピーカーの音声伝達性能にも影響があると想定される。本実験では、災害時を想定した降雨、強風の環境下でスピーカードローンが性能を発揮できるかを確認した。具体的には、降雨・耐風の条件下で安定して飛行可能かの確認と、音声伝達の変化（音圧低下等）の確認を実施した。

（２）実験概要

・実験日時：2025 年 12 月 10 日、11 日

・実験場所：防災科学技術研究所（茨城県つくば市）　大型降雨実験施設

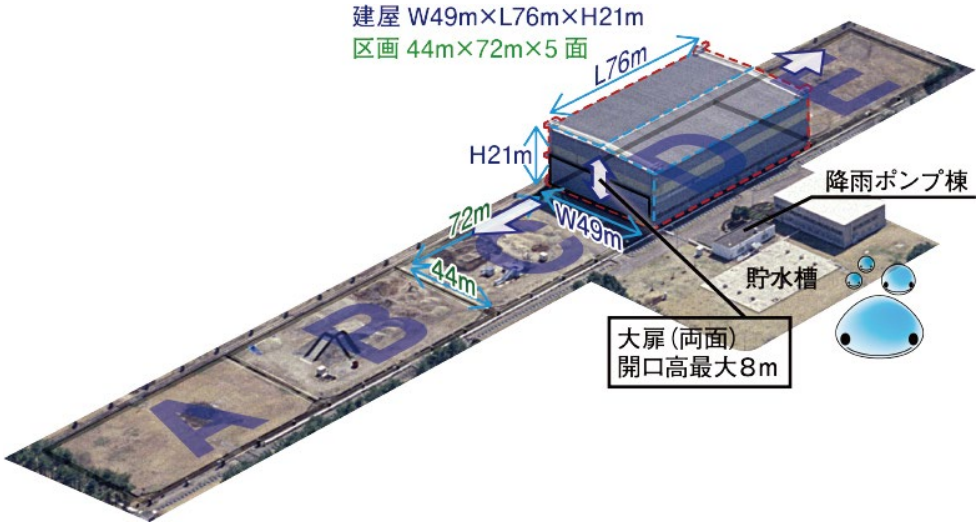


図 13　大型降雨実験施設

表 32　実験施設性能

散布性能	雨粒粒径	φ0.1～8 mm 程度
	降雨強度	15～300 mm/h
	降雨範囲	44 m×72 m（4 分割可能）
	降雨ノズル数	総数 2,176 個（544 個×4）
	降雨ノズル高さ	G.L　+16 m
制御方式	遠隔操作	遠隔操作方式
	送水ポンプ	8000 L/分（= 8.0 m^3/分）、0.94 MPa（2 台）
実験施設	大きさ	5 区画（1 区画 44 m×72 m）
	建屋	W49 m×L76 m×H21 m
送風機性能	発生風速	25 m/s
	発生範囲	幅数 m 程度

(３)実験方法

(a) 耐風性能（ホバリング）検証

風発生装置の前面にて、ドローンを高度２～３ｍの定位置でホバリングさせた。実験ケース毎にメーカーカタログスペックの範囲内で横風を発生させ、機体が風に流されないことを確認し、また、強風時の音声伝達の影響を確認するため、強風時のスピーカー音声の音量計測を行った。

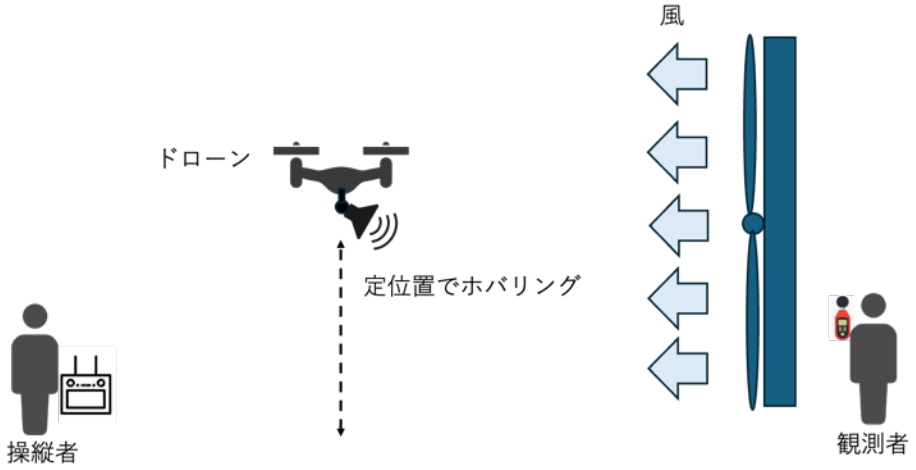


図 14　耐風性能（ホバリング）検証

(b) 耐風性能（離発着）検証

風を発生させた状況で、ドローンを離陸させた。その後、ドローンを高度 1～2m 程度まで上昇させ、安定して離陸できるかを確認した。離陸後は、一定の位置でホバリングさせた後、ドローンを着陸させ、着陸位置がずれるかを確認した。

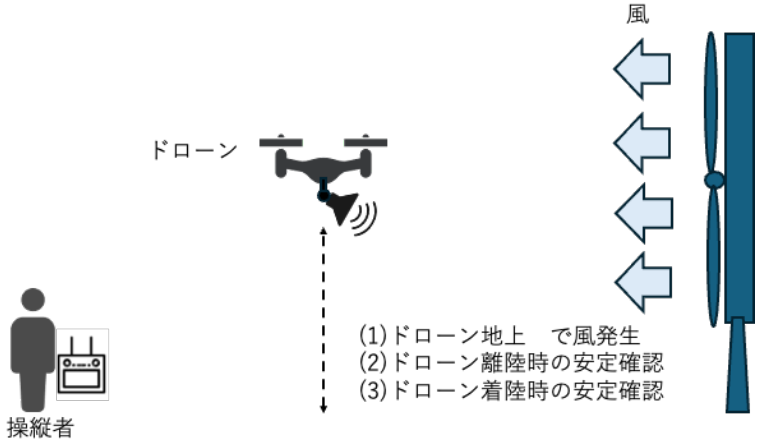


図 15　耐風性能（離発着）検証

（c）耐雨性能検証

降雨区画中央にて、ドローンを高度２～３ｍの定位置でホバリングさせる。実験ケース毎にメーカーの飛行時間（バッテリー残量 40%まで）飛行させ、機体及び機体搭載のセンサーに異常が発生しないことを確認した。また、大雨時の音声伝達の影響を確認するため、大雨時のスピーカー音声の音量計測を行った。

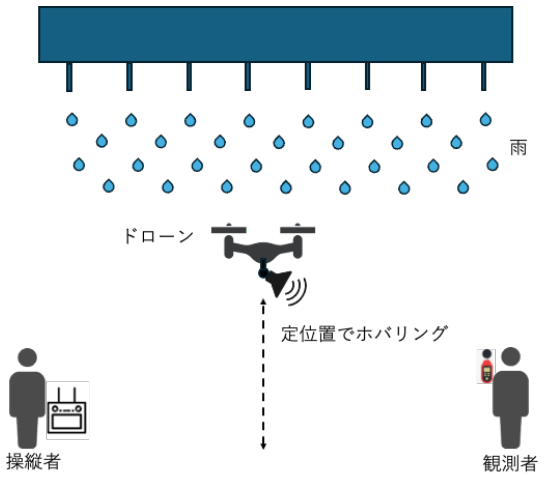


図 16　耐雨性能検証

（d）雨＋風の実験

(a)、(b)の各耐風性能検証、(c)の耐雨性能検証の残機体の状況も踏まえ、雨＋風を組み合わせた試験を実施した。

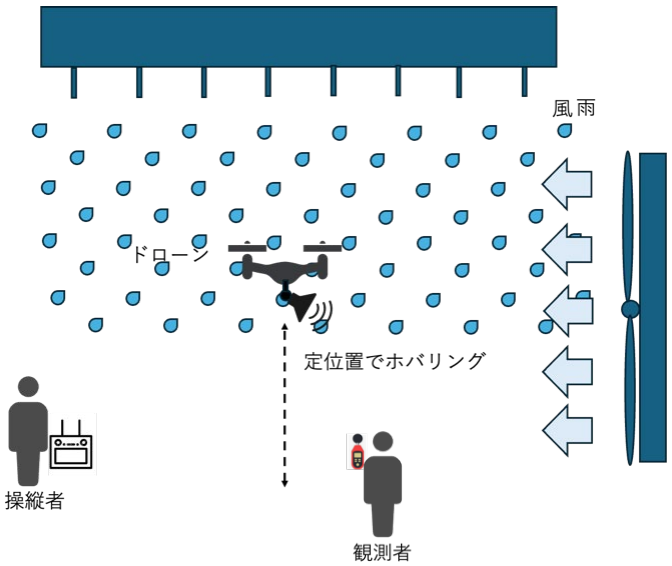


図 17　雨＋風の実験

（4）評価方法

(a) 耐風性能検証

静止（ホバリング）状態での検証では、風に対してドローン搭載のセンサーに異常が発生していないかを確認した。

離着陸時の検証では、ドローンが離着陸する際に、静止位置からずれることなく上昇・下降できるか、ドローン搭載のセンサーに異常が発生していないかを確認した。

(b) 耐雨性能検証

耐風性能の検証と同じく、雨によりドローン搭載のセンサーに異常が発生していないか、またドローンが安定して飛行ができるかを確認した。

（5）使用機材

(a) ドローンの仕様

表 33　災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証で用いたドローン

ドローン		ドローン 4A	ドローン 4B
耐候性	耐風性	12 m/s	14 m/s
	防水性	IP55	IP53
	動作温度	－20 ～ 50 ℃	－10 ～ 40 ℃
可搬性	大きさ	0.81×0.67×0.43 m	0.3×0.44×0.12 m
	機体重量	6.5 kg（標準バッテリーのみ）	0.9 kg
運用時の距離性能	通信距離	8 km	公表なし
	飛行時間	最大 55 分	最大 32 分
	自動着陸精度	水平 0.1 m	公表なし
対応スピーカー		スピーカー4A	なし

(b) スピーカーの仕様

表 34　災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証で用いたスピーカー

スピーカー		スピーカー4A
音声性能	最大電圧	30 W
	最大音量	127 dB（1 m 距離）
	出力音圧レベル※	112 dB/W/m
	有効可聴距離	最大 500 m
防水性		IP55
動作温度		－20 ～ 50 ℃
可搬性	大きさ	0.13×0.12×0.14 m
	重量	0.69 kg

※出力音圧レベルは、最大電圧・最大音量の数値からの計算値

（６）実験ケース

（a）耐風性能検証

表 35-1　耐風性能検証の内容

項目	詳細
ドローンの種類	２種類
ドローンの飛行高度	２～３　m
風速	５　m/s から、目標として強風注意報の目安（概ね 10 m/s～20 m/s）以上の中で、メーカーカタログスペックを参考にドローンが耐えられるまで
備考	運用において、強風時にドローンが耐風性能的に飛行（離発着）できない状況を想定し、ドローンを飛行できない風速においては、飛行させずにスピーカーのみを鳴らすなどの確認も行った。

（b）耐雨性能検証

表 35-2　耐雨性能検証の内容

項目	詳細
ドローンの種類	２種類
ドローンの飛行高度	２～３ m
降雨の強さ	15 mm/h(実験施設の最小値)から、目標として非常に激しい雨レベル（50～80 mm/h）の中で、選定ドローンが耐えられる程度

（7）実験の進め方

本実証実験では耐候性を有するドローンの限界を調べるため、耐雨・耐風の試験ともにドローンが実験中に破損する可能性が想定された。なるべく破損する前に全ての実験ケースを実施するため、以下のように実験を進めた。

表 36　災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証の工程

順番	実施種類	実施ケース		破損リスク
		ドローン	内容	
1	耐風	4A	離陸からホバリング後に、風速を発生させる 5 m/s からメーカーカタログスペック付近まで	小
2	耐風	4B	離陸からホバリング後に、風速を発生させる 5 m/s からメーカーカタログスペック付近まで	小
3	耐風	4A	離陸試験　着陸試験 風発生状態で離陸、着陸の試験	中
4	耐風	4B	離陸試験　着陸試験 風発生状態で離陸、着陸の試験	中
5	耐雨	4A	雨発生状態でホバリング 15 mm/h～	大
6	耐雨	4B	雨発生状態でホバリング＋スピーカー音圧計測 15 mm/h～	大
7	耐風	4A	離陸からホバリング後に、風速を発生させる メーカーカタログスペック以上～	大
8	耐風	4B	離陸からホバリング後に、風速を発生させる メーカーカタログスペック以上～	大
9	雨＋風	4A	雨＋風発生状態	大
10	雨＋風	4B	雨＋風発生状態	大

1.6. 机上検討の概要

実証実験では、実施場所、気象条件、周辺環境等について、限定された条件下で検証を行っており、実際の災害時に想定される多様な運用条件すべてを網羅するものではない。このため机上検討として、実証実験の結果を踏まえつつ、実証実験では直接検証できなかった条件や、実運用を想定した際に考慮すべき事項について、机上において整理・検討を行った。

（1）机上検討の目的

机上検討の目的は、以下のとおりである。

・実証実験では検証が困難であった環境条件や運用条件について補完的な検討を行うこと
・スピーカードローンを災害情報伝達手段として運用する際の留意事項や設計上の考え方を明確にすること

実証結果を自治体等が導入・運用を検討する際の判断材料として整理することを目的とする。

（2）机上検討の対象項目

本机上検討では、実証実験で確認した各項目のうち以下の項目について検討を行った。

①スピーカードローンの音達性能に影響を与える要因の整理
②音声の到達距離及び了解度に関する考え方の整理
③スピーカーの指向性を踏まえた飛行方法及び放送方法に関する検討
④遮蔽物、周辺環境音等、実証実験では限定的であった条件の影響の整理

実証実験結果をもとに、音声伝達性能に影響を与える主要因について実証条件外の環境や運用条件を想定した整理を実施し、定性的な整理を行った。

2. 実証実験結果

2.1. 実験結果

2.1.1. 実証１　音声伝達性能検証

（ア）実証場所１　宮城県白石市

(a) ドローンとの直線距離の変化による音声伝達性能の検証

実証場所１宮城県白石市において実施した、音声伝達性能検証について、以下のとおり計測した結果をまとめた。グラフにおける音の了解度、音の大きさのプロット値は、観測者８人の評点の平均値を表す。なお、ここで用いたドローンには指向性のあるスピーカーを搭載しており、放送される方向についてはドローンの向きと同じ。

グラフ１～３では、ドローンの向きは正面（０度）の条件で、それぞれドローン飛行高度が 15m、30m、60m の場合におけるドローンと観測者の水平距離ごとの計測結果を示す。なお、飛行高度 15m、水平距離 400m の位置では、ドローンの飛行位置に障害物（樹木）があったため計測を実施しなかった。

また、同様にグラフ４～６ではドローンの向きが側面（90 度）の条件、グラフ７～９ではドローンの向きが後面（180 度）の条件で同様に計測した結果を示す。水平距離 0m においては、ドローンが観測者の頭上にあり、ドローンの観測者に対する向きは正面、側面、後面ともに同一であるため、計測結果はグラフ１～３と同一とした。

【水平距離・飛行高度による変化：スピーカードローンの向きが正面（0 度)】

（グラフ１～３・図 18-1）

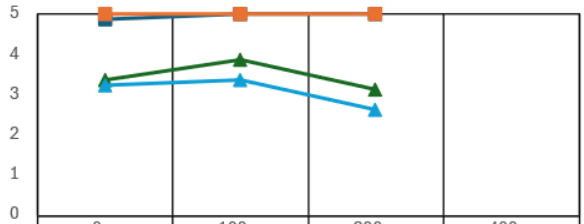
・水平距離 0m（観測者の頭上)、飛行高度 15m において、了解度は約 5、音の大きさは約 3 の結果であり、飛行高度が上昇するにつれて、音の大きさの評点は減少した。高度が上昇するにつれて、観測者との直線距離が離れることが影響していると考えられる。

・水平距離 0m から 100m に変わると、いずれの飛行高度でも了解度は最高値の 5 で変化がないが、音の大きさは上昇した。これは、スピーカーに指向性があり、スピーカーの放送方向から逸れる真下で観測するよりも、100m 程度離れた距離であってもスピーカーの放送方向で観測した方が聞こえる音の大きさが上昇するためであると考えられる。また、飛行高度が高くなると音の大きさは減少しており、直線距離が離れている方が、音の大きさの評点が低くなる結果となった。

・水平距離 100m から 300m に変わると、了解度は変わらず 5 で変化がないが、音の大きさは全飛行高度で減少した。高度間で比較すると飛行高度 15m の減少幅が最も大きかった。これは水平距離の変化による直線距離の変化の割合が最も大きかったからだと考えられる。

・水平距離 300m から 400m に変わると、了解度はドローン１B で飛行高度 30m では一部 5 より減少し、音の大きさは全飛行高度（30、60m）で減少した。

グラフ１　正面0° 高度15M

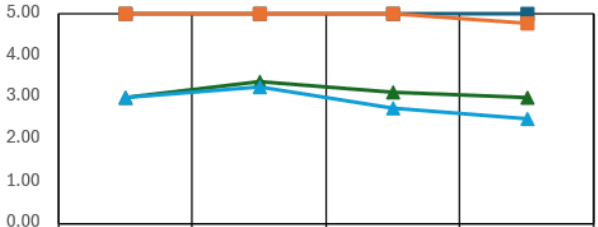


	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	4.875	5.0	5.0	
音の了解度 1B	5	5.0	5.0	
音の大きさ 1A	3.375	3.9	3.1	
音の大きさ 1B	3.25	3.4	2.6	
測定音圧 1A	74.4	80.8	65.4	
測定音圧 1B	81.2	67.0	69.9	

計測時条件
・スピーカー向き：N210° E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：1.3～4.1 m/s
風向：N244° E～N252° E
風速（高度 1m）：1.2～3.9 m/s
暗騒音※：53.8 dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.2～1.0 m/s
風向：N270° E～N55° E
風速（高度 1m）：0.2～0.9 m/s
暗騒音※：55.1 dB

グラフ２　正面0° 高度30 M

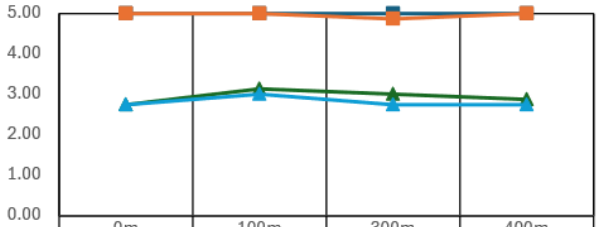


	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	5.00	5.00	5.00	5.00
音の了解度 1B	5.00	5.00	5.00	4.75
音の大きさ 1A	3.00	3.38	3.13	3.00
音の大きさ 1B	3.00	3.25	2.75	2.50
測定音圧 1A	69.5	84.3	67.5	70.7
測定音圧 1B	74.7	67.0	64.6	62.6

計測時条件
・スピーカー向き：N210° E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：0.2～3. 5m/s
風向：N155° E～N322° E
風速（高度 1m）：0.2～3.2 m/s
暗騒音※：53.8 dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.3～1.9 m/s
風向：N10° E～N53° E
風速（高度 1m）：0.3～1.7 m/s
暗騒音※：55.1 dB

グラフ３　正面0° 高度60 M



	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	5.00	5.00	5.00	5.00
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.88	5.00
音の大きさ 1A	2.75	3.13	3.00	2.88
音の大きさ 1B	2.75	3.00	2.75	2.75
測定音圧 1A	65.8	82.8	80.9	62.6
測定音圧 1B	62.5	78.5	61.0	64.6

計測時条件
・スピーカー向き：N210° E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：0.5～4.1m/s
風向：N169° E～N242° E
風速（高度 1m）：0.3～2.9m/s
暗騒音※：55.1dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.9～2.0m/s
風向：N210° E～N68° E
風速（高度 1m）：0.7～1.5m/s
暗騒音※：55.1dB

※暗騒音はスピーカー非稼働時の最小観測値を採用した。以降の暗騒音値についても同様

図 18-1　水平距離・飛行高度による変化：スピーカードローンの向きが正面（0 度）

【水平距離・飛行高度による変化：スピーカードローンの向きが側面（90 度)】
（グラフ４～６・図 18-2）

・側面の条件において、水平距離 0m から 100m に変わると、いずれの高度でも了解度は最高値の 5 でほぼ変化はないが、音の大きさは減少した。これは正面の条件での結果とは異なる傾向であった。

・水平距離 100m から 300m に変わると、了解度は一部減少しているが概ね 5 であった。音の大きさは全飛行高度で減少した。また、いずれの飛行高度でも、音の大きさの減少幅はドローンが正面向きの場合よりも大きかった。

・水平距離 300m から 400m に変わると、了解度はドローンが正面向きの場合と同様の結果であった。

【水平距離・飛行高度による変化：スピーカードローンの向きが後面（180 度)】
（グラフ７～９・図 18-3）

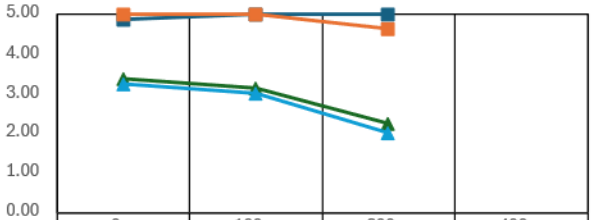
・後面の条件において、各水平距離の変化による結果の傾向は、側面条件と同様であった。

・水平距離 0m から 100m に変わると、いずれの飛行高度でも了解度は最高値の 5 で変化がないが、音の大きさは減少した。側面の条件と同様の傾向だった。

・水平距離 100m から 300m に変わると、了解度は一部減少した。音の大きさは全飛行高度で減少した。飛行高度間で比較すると飛行高度 15m の減少幅が最も大きく、ドローンが正面・側面向きの条件と同様であった

・水平距離 300m から 400m に変わると、了解度は飛行高度 30m、機体 1B で減少した。音の大きさについては、飛行高度 30m では機体 1A では変化せず 1B では減少、飛行高度 60m では機体 1A、1B 共に上昇した。

グラフ４　側面90°高度15Ｍ

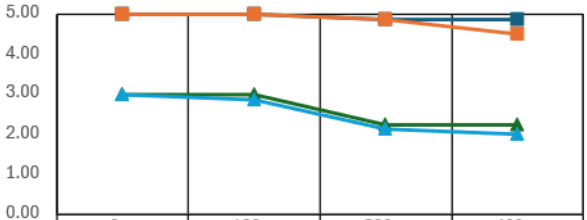


	0m	100m	300m	400m
音の了解度1A	4.88	5.00	5.00	
音の了解度1B	5.00	5.00	4.63	
音の大きさ1A	3.38	3.13	2.25	
音の大きさ1B	3.25	3.00	2.00	
測定音圧1A	74.4	80.8	68.7	
測定音圧1B	81.2	64.4	68.9	

計測時条件
・スピーカー向き：N120°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：1.3～4.1m/s
風向：N244°E～N252°E
風速（高度1m）：1.2～3.9m/s
暗騒音：53.8dB

・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.2～1.0m/s
風向：N270°E～N55°E
風速（高度1m）：0.2～0.9m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ５　側面90°高度30Ｍ

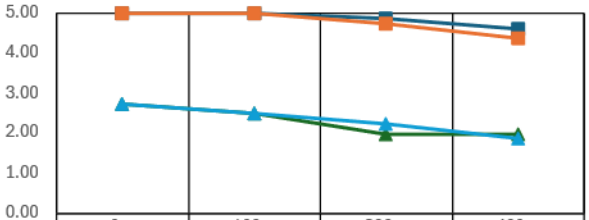


	0m	100m	300m	400m
音の了解度1A	5.00	5.00	4.88	4.88
音の了解度1B	5.00	5.00	4.88	4.50
音の大きさ1A	3.00	3.00	2.25	2.25
音の大きさ1B	3.00	2.88	2.13	2.00
測定音圧1A	69.5	84.3	67.8	73.2
測定音圧1B	74.7	64.4	69.9	63.4

計測時条件
・スピーカー向き：N120°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：0.2～3.5m/s
風向：N155°E～N322°E
風速（高度1m）：0.2～3.2m/s
暗騒音：53.8dB

・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.3～1.9m/s
風向：N10°E～N53°E
風速（高度1m）：0.3～1.7m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ６　側面90°高度60Ｍ



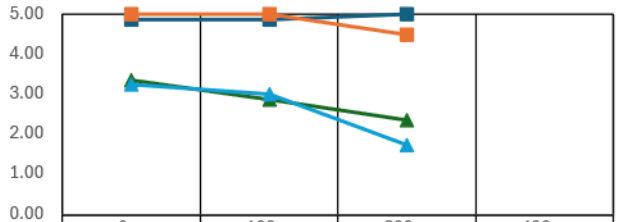
	0m	100m	300m	400m
音の了解度1A	5.00	5.00	4.88	4.63
音の了解度1B	5.00	5.00	4.75	4.38
音の大きさ1A	2.75	2.50	2.00	2.00
音の大きさ1B	2.75	2.50	2.25	1.88
測定音圧1A	65.8	72.3	84.9	76.6
測定音圧1B	62.5	66.6	59.9	62.8

計測時条件
・スピーカー向き：N120°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：0.5～4.1m/s
風向：N169°E～N242°E
風速（高度1m）：0.3～2.9m/s
暗騒音：53.8dB

・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.9～2.0m/s
風向：N210°E～N68°E
風速（高度1m）：0.7～1.5m/s
暗騒音：55.1dB

図 18-2　水平距離・飛行高度による変化：スピーカードローンの向きが側面（90度）

グラフ７　後面180°高度15Ｍ

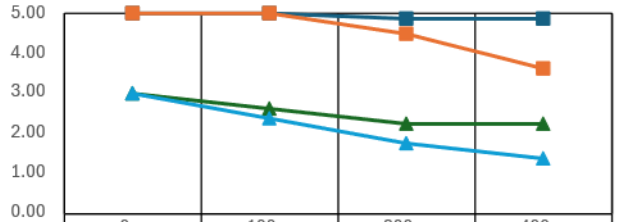


	0m	100m	300m	400m
音の了解度1A	4.88	4.88	5.00	
音の了解度1B	5.00	5.00	4.50	
音の大きさ1A	3.38	2.88	2.38	
音の大きさ1B	3.25	3.00	1.75	
測定音圧1A	74.4	80.6	73.8	
測定音圧1B	81.2	63.7	68.5	

計測時条件
・スピーカー向き：N30°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：1.3～4.1m/s
風向：N244°E～N252°E
風速（高度1m）：1.2～3.9m/s
暗騒音：53.8dB

・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.2～1.0m/s
風向：N270°E～N55°E
風速（高度1m）：0.2～0.9m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ８　後面180°高度30Ｍ

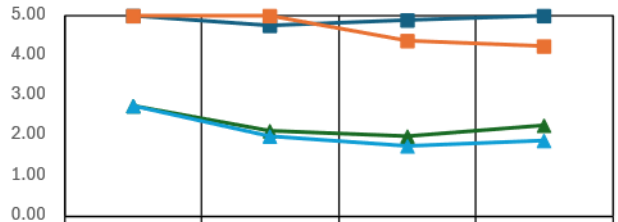


	0m	100m	300m	400m
音の了解度1A	5.00	5.00	4.88	4.88
音の了解度1B	5.00	5.00	4.50	3.63
音の大きさ1A	3.00	2.63	2.25	2.25
音の大きさ1B	3.00	2.38	1.75	1.38
測定音圧1A	69.5	84.7	70.3	67.9
測定音圧1B	74.7	60.8	69.3	67.8

計測時条件
・スピーカー向き：N30°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：0.2～3.5m/s
風向：N155°E～N322°E
風速（高度1m）：0.2～3. 2m/s
暗騒音：53.8dB

・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.3～1.9m/s
風速(高度換算)：0.3～1.9 m/s
風向：N10°E～N53°E
風速（高度1m）：0.3～1.7m/s

グラフ９　後面180°高度60Ｍ



	0m	100m	300m	400m
音の了解度1A	5.00	4.75	4.88	5.00
音の了解度1B	5.00	5.00	4.38	4.25
音の大きさ1A	2.75	2.13	2.00	2.25
音の大きさ1B	2.75	2.00	1.75	1.88
測定音圧1A	65.8	76.7	69.3	67.9
測定音圧1B	62.5	65.7	69.9	66.4

計測時条件
・スピーカー向き：N30°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：0.5～4.1m/s
風向：N169°E～N242°E
風速（高度1m）：0.3～2.9m/s
暗騒音：53.8dB

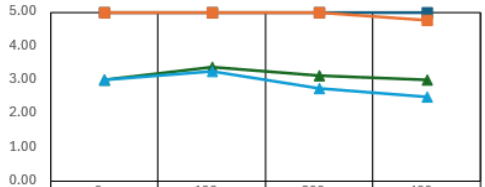
・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.9～2.0m/s
風向：N210°E～N68°E
風速（高度1m）：0.7～1.5m/s
暗騒音：55.1dB

図 18-3　水平距離・飛行高度による変化：スピーカードローンの向きが後面（180度）

【スピーカードローンと観測者の向きの変化による影響】

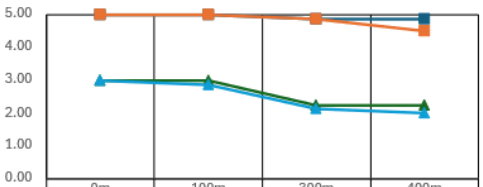
スピーカードローンと観測者の向きによる変化の影響を比較するため、例として飛行高度が 30m で同一のグラフ 2、5、8 を再掲する。どの水平距離においても了解度・音の大きさの評点は、正面＞側面＞後面となった。ドローン 1A、1B ともに搭載されたスピーカーが指向性のあるスピーカーであるため、放送の向きによる音達への影響が大きかったと考えられる。

グラフ２　正面０° 高度３０Ｍ



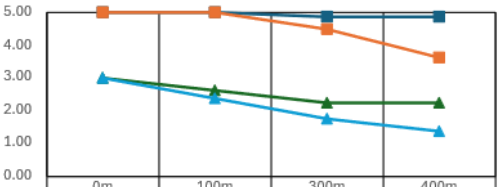
	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	5.00	5.00	5.00	5.00
音の了解度 1B	5.00	5.00	5.00	4.75
音の大きさ 1A	3.00	3.38	3.13	3.00
音の大きさ 1B	3.00	3.25	2.75	2.50
測定音圧 1A	69.5	84.3	67.5	70.7
測定音圧 1B	74.7	67.0	64.6	62.6

グラフ５　側面９０° 高度３０Ｍ



	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	5.00	5.00	4.88	4.88
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.88	4.50
音の大きさ 1A	3.00	3.00	2.25	2.25
音の大きさ 1B	3.00	2.88	2.13	2.00
測定音圧 1A	69.5	84.3	67.8	73.2
測定音圧 1B	74.7	64.4	69.9	63.4

グラフ８　後面１８０°　高度３０Ｍ



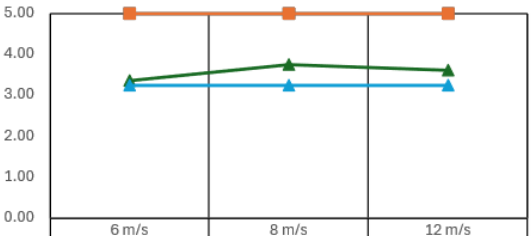
	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	5.00	5.00	4.88	4.88
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.50	3.63
音の大きさ 1A	3.00	2.63	2.25	2.25
音の大きさ 1B	3.00	2.38	1.75	1.38
測定音圧 1A	69.5	84.7	70.3	67.9
測定音圧 1B	74.7	60.8	69.3	67.8

図 18-1、18-2、18-3 から再掲：グラフ２、５、８

(b) ドローンの飛行速度の変化による音声伝達性能の検証

ドローンの飛行速度の変化による影響をグラフ 10～18（図 19）で示した。ドローンの飛行速度を 6、8、12m/s と変化させて比較を行ったが、飛行速度によって了解度、音の大きさが上昇・減少するなどの変化傾向はみられず、「(a)　直線距離の変化による音声伝達性能の検証」と同様に、ドローンと観測者の向きによる変化がみられた。

グラフ 10　正面 0° 高度 15M

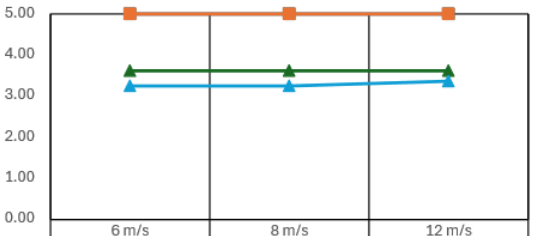


	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度 1A	5.00	5.00	5.00
音の了解度 1B	5.00	5.00	5.00
音の大きさ 1A	3.38	3.75	3.63
音の大きさ 1B	3.25	3.25	3.25
測定音圧 1A	78.2	75.3	86.1
測定音圧 1B	70.3	73.6	65.5

計測時条件
・スピーカー向き：N210° E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：2.8～6.1m/s
風向：N247° E～N315° E
風速（高度 1m）：2.6～5.8m/s
暗騒音：53.8dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.7～1.3m/s
風向：N137° E～N230° E
風速（高度 1m）：0.6～1.2m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ 11　正面 0° 高度 30M

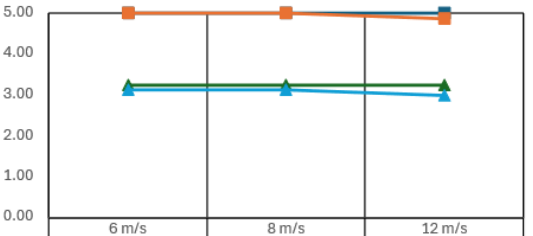


	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度 1A	5.00	5.00	5.00
音の了解度 1B	5.00	5.00	5.00
音の大きさ 1A	3.63	3.63	3.63
音の大きさ 1B	3.25	3.25	3.38
測定音圧 1A	81.3	66.1	90.0
測定音圧 1B	70.2	68.2	65.6

計測時条件
・スピーカー向き：N210° E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：0.0～1.5m/s
風向：N163° E～N316° E
風速（高度 1m）：0.0～1.3m/s
暗騒音：53.8dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.0～1.9m/s
風向：N211° E～N57° E
風速（高度 1m）：0.0～1.7m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ 12　正面 0° 高度 60M

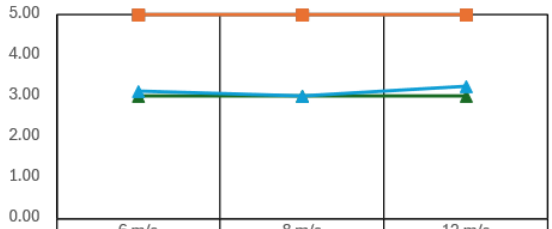


	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度 1A	5.00	5.00	5.00
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.88
音の大きさ 1A	3.25	3.25	3.25
音の大きさ 1B	3.13	3.13	3.00
測定音圧 1A	78.2	74.6	79.4
測定音圧 1B	84.6	65.7	91.0

計測時条件
・スピーカー向き：N210° E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：0.0～1.5m/s
風向：N163° E～N316° E
風速（高度 1m）：0.0～1.3m/s
暗騒音：53.8dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.1～2.0m/s
風向：N31° E～N191° E
風速（高度 1m）：0.1～1.9m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ 13　側面90°高度15M

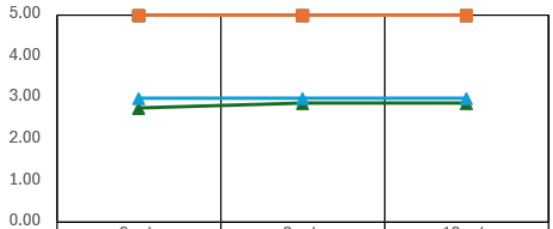


	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度1A	5.00	5.00	5.00
音の了解度1B	5.00	5.00	5.00
音の大きさ1A	3.00	3.00	3.00
音の大きさ1B	3.13	3.00	3.25
測定音圧1A	81.0	78.9	72.8
測定音圧1B	68.2	80.8	74.9

計測時条件
・スピーカー向き：N120°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：2.8～6.1m/s
風向：N247°E～N315°E
風速（高度1m）：2.6～5.8m/s
暗騒音：53.8dB

・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.7～1.3m/s
風向：N137°E～N230°E
風速（高度1m）：0.6～1.2m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ 14　側面90°高度30M

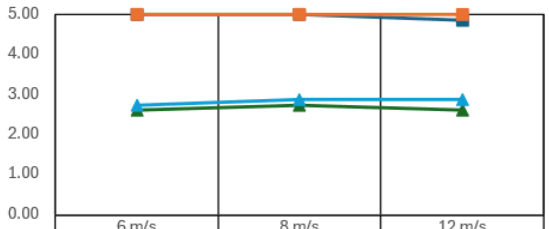


	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度1A	5.00	5.00	5.00
音の了解度1B	5.00	5.00	5.00
音の大きさ1A	2.75	2.88	2.88
音の大きさ1B	3.00	3.00	3.00
測定音圧1A	78.5	79.1	86.5
測定音圧1B	86.6	63.4	79.6

計測時条件
・スピーカー向き：N120°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：0.0～1.5m/s
風向：N163°E～N316°E
風速（高度1m）：0.0～1.3m/s
暗騒音：53.8dB

・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.0～1.9m/s
風向：N211°E～N57°E
風速（高度1m）：0.0～1.7m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ 15　側面90°高度60M

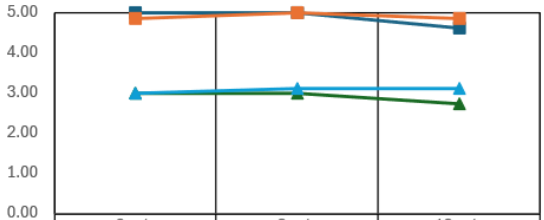


	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度1A	5.00	5.00	4.88
音の了解度1B	5.00	5.00	5.00
音の大きさ1A	2.63	2.75	2.63
音の大きさ1B	2.75	2.88	2.88
測定音圧1A	75.5	79.5	77.6
測定音圧1B	67.7	63.6	65.8

計測時条件
・スピーカー向き：N120°E
・機体1A時
天候：曇
風速(高度換算)：0.0～1.5m/s
風向：N163°E～N316°E
風速（高度1m）：0.0～1.3m/s
暗騒音：53.8dB

・機体1B時
天候：雪
風速(高度換算)：0.1～2.0m/s
風向：N31°E～N191°E
風速（高度1m）：0.1～1.9m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ 16　後面 180°高度 15 M

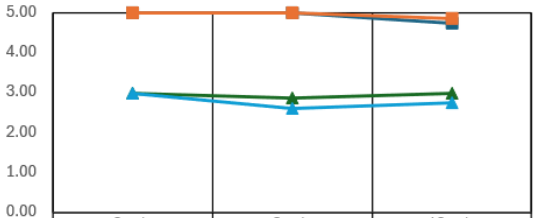


	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度 1A	5.00	5.00	4.63
音の了解度 1B	4.88	5.00	4.88
音の大きさ 1A	3.00	3.00	2.75
音の大きさ 1B	3.00	3.13	3.13
測定音圧 1A	93.7	78.9	87.1
測定音圧 1B	69.9	76.5	63.5

計測時条件
・スピーカー向き：N30°E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：2.8～6.1m/s
風向：N247°E～N315°E
風速（高度 1m）：2.6～5.8m/s
暗騒音：53.8dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.7～1.3m/s
風向：N137°E～N230°E
風速（高度 1m）：0.6～1.2m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ 17　後面 180°高度 30 M

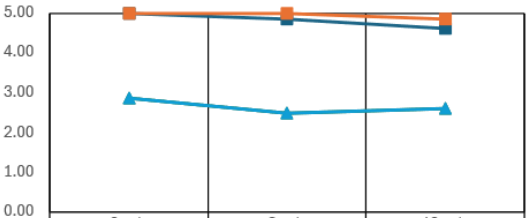


	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度 1A	5.00	5.00	4.75
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.88
音の大きさ 1A	3.00	2.88	3.00
音の大きさ 1B	3.00	2.63	2.75
測定音圧 1A	75.5	69.9	84.3
測定音圧 1B	68.4	66.2	73.4

計測時条件
・スピーカー向き：N30°E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：0.0～1.5m/s
風向：N163°E～N316°E
風速（高度 1m）：0.0～1.3m/s
暗騒音：53.8dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.0～1.9m/s
風向：N211°E～N57°E
風速（高度 1m）：0.0～1.7m/s
暗騒音：55.1dB

グラフ 18　後面 180°高度 60°



	6 m/s	8 m/s	12 m/s
音の了解度 1A	5.00	4.88	4.63
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.88
音の大きさ 1A	2.88	2.50	2.63
音の大きさ 1B	2.88	2.50	2.63
測定音圧 1A	79.0	73.3	82.2
測定音圧 1B	83.1	76.1	66.7

計測時条件
・スピーカー向き：N30°E
・機体 1A 時
天候：曇
風速(高度換算)：0.0～1.5m/s
風向：N163°E～N316°E
風速（高度 1m）：0.0～1.3m/s
暗騒音：53.8dB

・機体 1B 時
天候：雪
風速(高度換算)：0.1～2.0m/s
風向：N31°E～N191°E
風速（高度 1m）：0.1～1.9m/s
暗騒音：55.1dB

図 19　ドローンの飛行速度の変化による音声伝達性能の検証結果
（グラフ 10 から 18）

【スピーカードローンからの音声が聞こえる水平距離の検証】

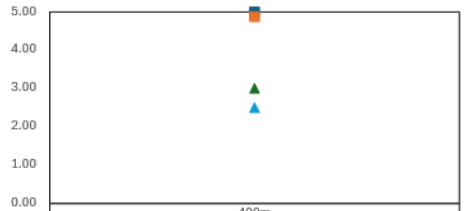
スピーカードローンで放送を行いながら、観測者との水平距離が 800m になるまでドローンを飛行させた。複数の観測者による観測を行い、放送が聞こえた時間の長さを測定し、放送が聞こえる限界の水平距離を算出した。観測者が放送を聞き取れた水平距離の平均値、最小値、最大値を求めた。

ドローン機体 1A、1B 共に、平均値では 732m、752m となり、700m を超える範囲で放送が聞こえた。最小値はそれぞれ 600m、648m であった。両ドローンともに最大値は 800m となり、観測者によってはさらに遠い場所でもドローンからの放送が聞こえる可能性がある。

(c) ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証

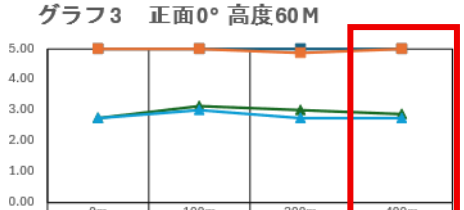
グラフ 19～21（図 20）にドローンよりも観測者の方が高度が高い（相対高度がマイナス）場合の結果を示す。また、同距離で高度差＋60m の結果を右図に示す。どの向きにおいても、ドローンの方が高度が高いグラフ 3、グラフ 6 との明確な差は見られず、高度差が反転した事によって了解度・音の大きさの結果が大きく異なるような傾向は見られなかった。

グラフ19　正面0°高度-60M



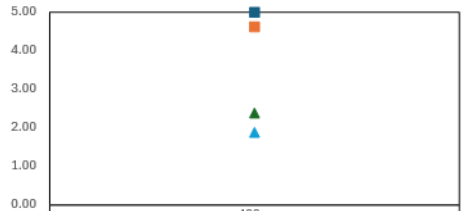
	400m
音の了解度 1A	5.00
音の了解度 1B	4.88
音の大きさ 1A	3.00
音の大きさ 1B	2.50
測定音圧 1A	58.4
測定音圧 1B	61.2

グラフ3　正面0°高度60M



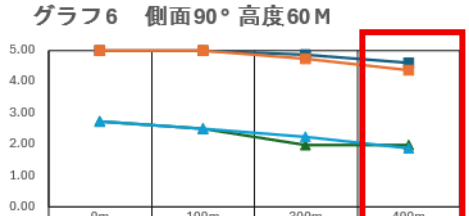
	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	5.00	5.00	5.00	5.00
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.88	5.00
音の大きさ 1A	2.75	3.13	3.00	2.88
音の大きさ 1B	2.75	3.00	2.75	2.75
測定音圧 1A	65.8	82.8	80.9	62.6
測定音圧 1B	62.5	78.5	61.0	64.6

グラフ20　側面90°高度-60M



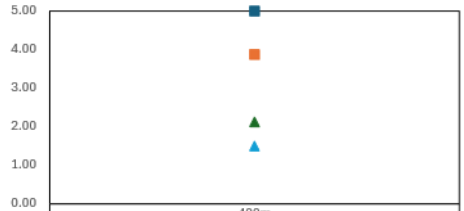
	400m
音の了解度 1A	5.00
音の了解度 1B	4.63
音の大きさ 1A	2.38
音の大きさ 1B	1.88
測定音圧 1A	59.4
測定音圧 1B	59.8

グラフ6　側面90°高度60M



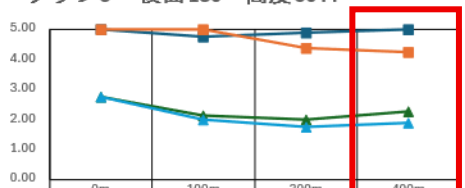
	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	5.00	5.00	4.88	4.63
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.75	4.38
音の大きさ 1A	2.75	2.50	2.00	2.00
音の大きさ 1B	2.75	2.50	2.25	1.88
測定音圧 1A	65.8	72.3	84.9	76.6
測定音圧 1B	62.5	66.6	59.9	62.8

グラフ21　後面180°高度-60M



	400m
音の了解度 1A	5.00
音の了解度 1B	3.88
音の大きさ 1A	2.13
音の大きさ 1B	1.50
測定音圧 1A	56.8
測定音圧 1B	66.8

グラフ9　後面180°高度60M



	0m	100m	300m	400m
音の了解度 1A	5.00	4.75	4.88	5.00
音の了解度 1B	5.00	5.00	4.38	4.25
音の大きさ 1A	2.75	2.13	2.00	2.25
音の大きさ 1B	2.75	2.00	1.75	1.88
測定音圧 1A	65.8	76.7	69.3	67.9
測定音圧 1B	62.5	65.7	69.9	66.4

図 18 再掲：グラフ 3、6、9

天候：晴れ
　風速：0.7～1.2m/s
　風向：N132～N134°E

音圧
　機体 1A：64.4dB
　機体 1B：68.1dB
暗騒音：50.5dB

図 20　ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証結果
（グラフ 19 から 21）

（イ）実証場所２　板橋ドローンフィールド

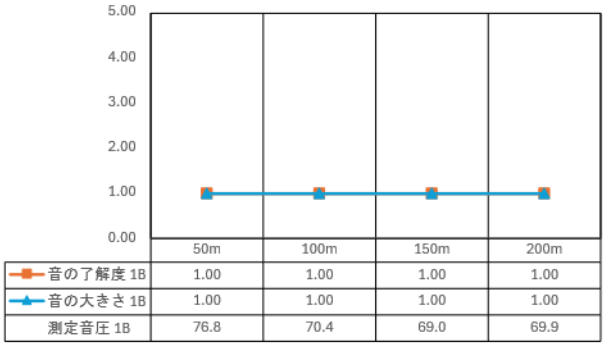
（a）遮蔽物の有無についての検証

左図には、遮蔽がある状態、右図には遮蔽がない状態の結果を示す。遮蔽がある場合には、音の了解度、音の大きさの評点は全ての水平距離で 1.0 であり放送は聞こえなかった。同条件で遮蔽なしの場合は、音の了解度の平均が 4.7、音の大きさの平均が 2.38 と十分聞こえたため、遮蔽の有無は、音の了解度、音の大きさ共に非常に影響が大きいと考えられる。

計測条件
天候：晴れ
風速(高度 45m 換算)：0.0～2.1m/s
風速(計測地点)：0.0～1.9m/s
暗騒音：71.1dB

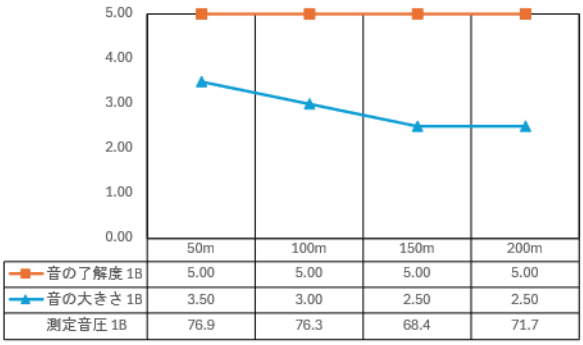
計測条件
天候：雨
風速(高度 45m 換算)：1.1m/s
風速(計測地点)：1.0m/s 風速
暗騒音：70.1dB

正面0° 高度45Ｍ　遮蔽あり



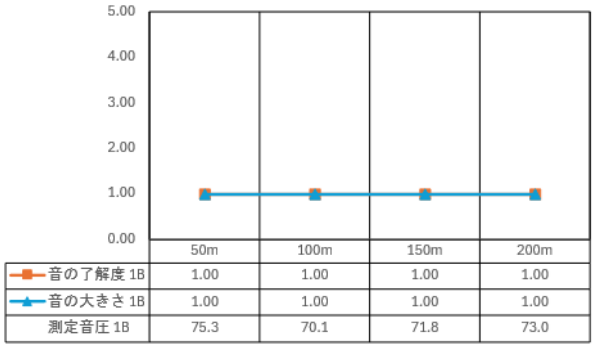
	50m	100m	150m	200m
音の了解度 1B	1.00	1.00	1.00	1.00
音の大きさ 1B	1.00	1.00	1.00	1.00
測定音圧 1B	76.8	70.4	69.0	69.9

正面0° 高度45Ｍ　遮蔽なし



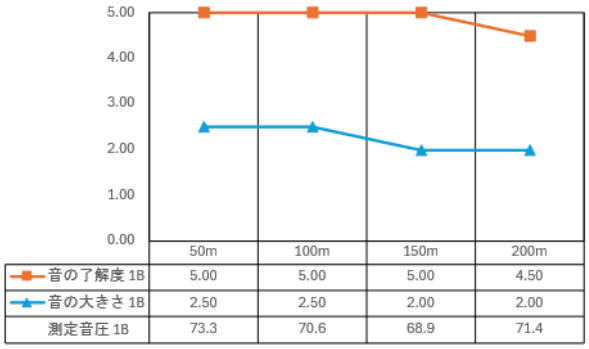
	50m	100m	150m	200m
音の了解度 1B	5.00	5.00	5.00	5.00
音の大きさ 1B	3.50	3.00	2.50	2.50
測定音圧 1B	76.9	76.3	68.4	71.7

側面90° 高度45Ｍ　遮蔽あり



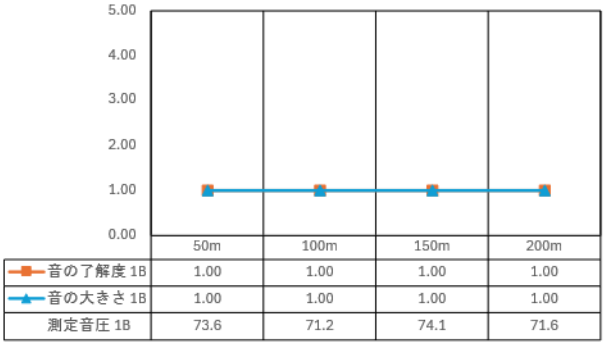
	50m	100m	150m	200m
音の了解度 1B	1.00	1.00	1.00	1.00
音の大きさ 1B	1.00	1.00	1.00	1.00
測定音圧 1B	75.3	70.1	71.8	73.0

側面90° 高度45Ｍ　遮蔽なし



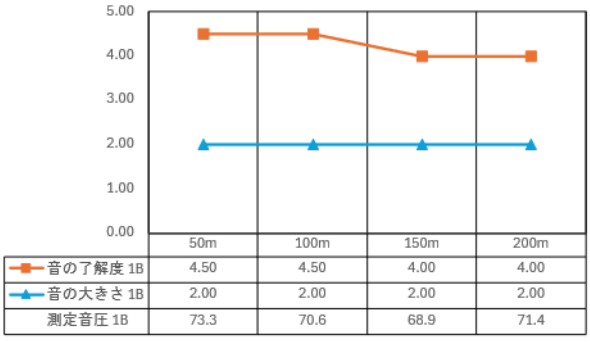
	50m	100m	150m	200m
音の了解度 1B	5.00	5.00	5.00	4.50
音の大きさ 1B	2.50	2.50	2.00	2.00
測定音圧 1B	73.3	70.6	68.9	71.4

後面180° 高度45Ｍ　遮蔽あり



	50m	100m	150m	200m
音の了解度 1B	1.00	1.00	1.00	1.00
音の大きさ 1B	1.00	1.00	1.00	1.00
測定音圧 1B	73.6	71.2	74.1	71.6

後面180° 高度45Ｍ　遮蔽なし



	50m	100m	150m	200m
音の了解度 1B	4.50	4.50	4.00	4.00
音の大きさ 1B	2.00	2.00	2.00	2.00
測定音圧 1B	73.3	70.6	68.9	71.4

図 21　遮蔽物の有無についての検証結果

(b) ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証

下図について、左側には、ドローンの高度より観測者の高度の方が高い相対高度－45m の結果を示す。右側には、同条件でドローンの位置が高い相対高度＋45m の結果を示す。観測者の高度が高い条件の音の了解度、音の大きさの評点が、約 0.5 低い値となった。

計測条件
天候：雨
風速（計測地点）：1.0m/s
暗騒音：70.1dB

計測条件
天候：雨
風速(高度 45m 換算)：1.1m/s
風速(計測地点)：1.0m/s
暗騒音：70.1dB

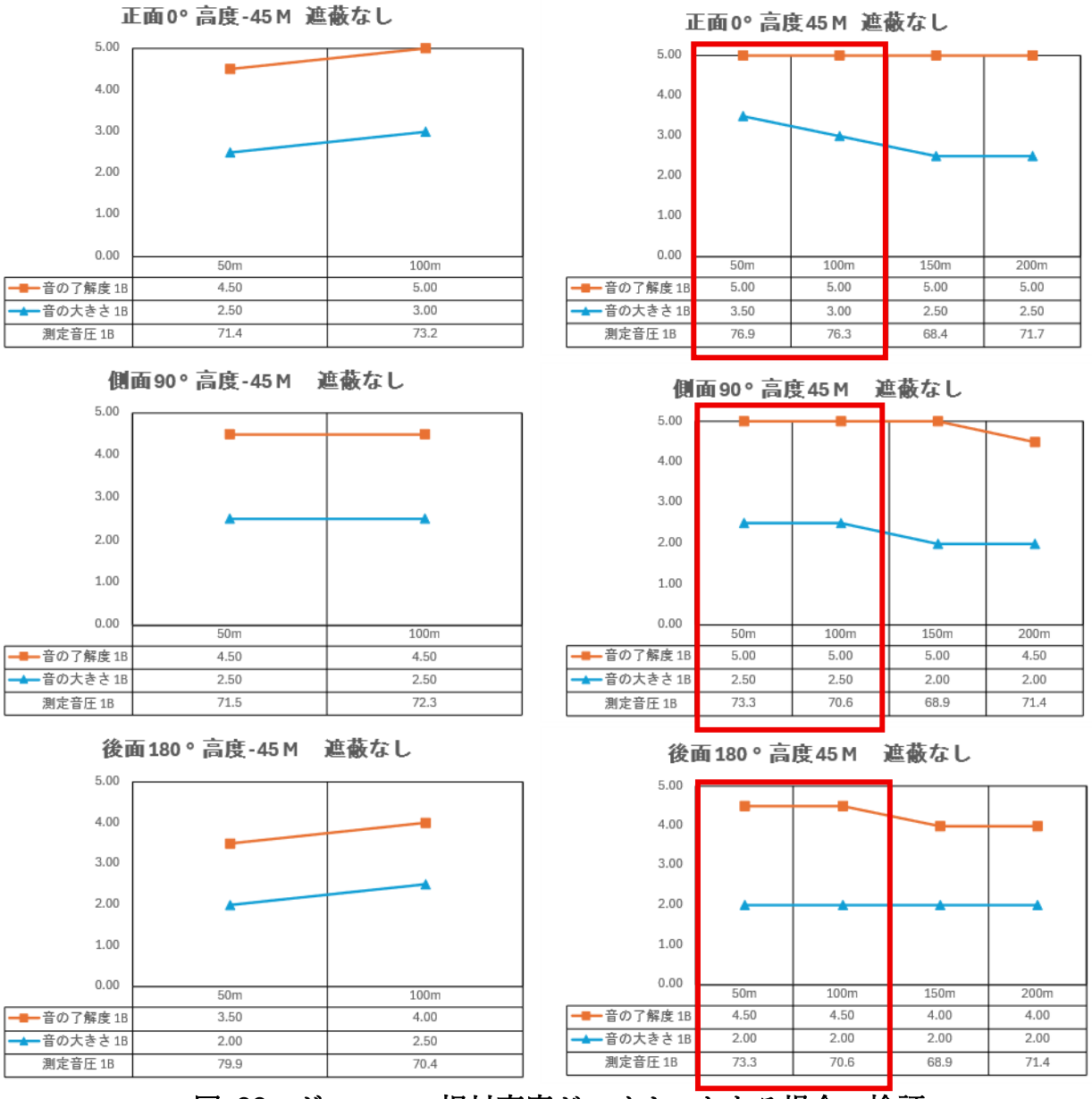


図 22　ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証

2.1.2. 実証２　Ｊアラートとの連動による即時性検証

(１)即時性の検証

「受信から放送開始までの時間」の検証として、既に、Ｊアラートと連動し、自動で飛行・放送が可能な状態で導入されている宮城県仙台市及び千葉県一宮町のドローンを使用し、Ｊアラートを模した信号を発信し、Ｊアラート受信から飛行開始までの経過時間、Ｊアラート受信から音声放送開始までの経過時間を計測した。計測結果を以下に示す。

表 28　自動音声放送のフロー（再掲）

行動	項目	フロー(例)
0	緊急情報発信の発生	大津波警報等の緊急に情報伝達を要する事態の発生
1	消防庁送信システム	消防庁よりJアラート送信システムを通じて全国に情報伝達
2	J-アラート受信機	地方自治体等に設置されたJアラート受信機で情報受信
3	自動起動装置	地方自治体等に設置された自動起動装置から、Jアラートの情報をドローン飛行管理システムに伝達
4	ドローン運行管理システム	ドローン運行管理システムで、Jアラートの情報を受信し、ドローン(ドローンポート)に飛行・避難広報の開始指示
5		ドローン運行管理システムからの指示により、ドローンポートからドローンが離陸し、飛行・避難広報を開始 飛行中は、ドローンの飛行情報やカメラの映像をドローン運行管理システムに配信 (指示からドローン離陸・避難広報開始までのおおよその時間:1分～2分)

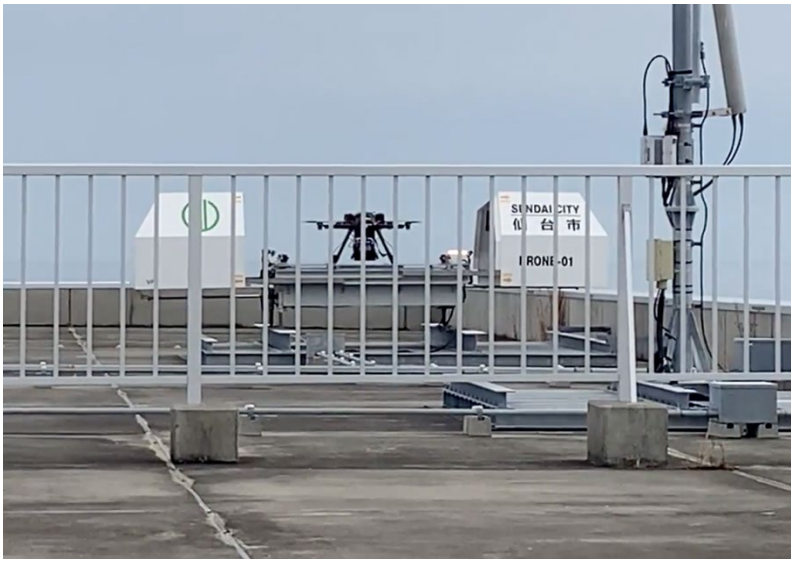


写真 6　Ｊアラートに係る実証実験の様子（宮城県仙台市）

（ア）実証場所１　宮城県仙台市

宮城県仙台市においては、疑似のＪアラート信号がドローン運行管理システムに伝達された時間を開始時間とし、その後の各過程までの所要時間を計測した。以下が飛行・避難広報開始までの流れである。

表 37-1　自動音声放送のフロー（仙台市）

フロー	動作機器	動作内容
4	ドローン運航管理システム	Ｊアラートの信号（疑似）を受信
4-1		ドローン、ドローンポートの状態確認
4-2		飛行開始のためドローンポートの外蓋と充電機構の開放指示
5-1	ドローンポート	ドローンポートの外蓋が開放
5-2		ドローンポートの充電機構が開放
5-3	ドローン運航管理システム	ドローンポートの状態確認：飛行準備完了
5-4		ドローンの飛行指示、放送開始指示発出
5-5	ドローン	ドローンの飛行準備
5-6		スピーカードローンから放送開始
5-7		ドローン離陸

表 37-2　自動音声放送のフローにおける所要時間（仙台市）

フロー	動作内容	経過秒数			経過秒数平均
		１回目	２回目	３回目	
4	Ｊアラートの情報（疑似信号）を受信	0	0	0	0
4-1	ドローン、ドローンポートの状態確認	0	0	0	0
4-2	ドローンポートの外蓋の開きと充電機構の開放指示	0	0	0	0
5-1	ドローンポートの外蓋開放	1～20	1～20	2～22	1.33～20.66
5-2	ドローンポートの充電機構の開放	20～58	20～57	22～58	20.66～57.66
5-3	ドローンポートの状態確認：飛行準備完了	58	57	58	57.66
5-4	ドローンの飛行指示、放送開始指示	58	57	58	57.66
5-5	ドローンの飛行準備	59	58	58	58.33
5-6	スピーカードローンから放送開始	61	60	62	61
5-7	ドローン離陸	71	67	69	69

（イ）実証場所２　千葉県一宮町

千葉県一宮町においては、ドローン運航管理システム上で、疑似のＪアラートの情報を受信した時間を開始時間とし、その後の各過程までの所要時間を計測した。以下が飛行・避難広報開始までの流れである。

表 38-1　自動音声放送のフロー（一宮町）

フロー	対象機器	動作内容
4	ドローン運航管理システム	Ｊアラートの情報（疑似信号）を受信
4-1		ドローン、ドローンポートの状態確認
4-2		飛行開始のためドローンポートの外蓋と充電機構の開放指示
5-1	ドローンポート	ドローンポートの外蓋開く
5-2		ドローンポートの充電機構の開放
5-3	ドローン運航管理システム	ドローンポートの状態確認：飛行準備完了
5-4		ドローンの飛行指示
5-5	ドローン	ドローンの飛行準備
5-6		ドローン離陸
5-7		ドローン放送開始予定地点に到達
5-8	ドローン運航管理システム	スピーカードローンから放送開始指示
5-9	ドローン	スピーカードローンから放送開始

表 38-2　自動音声放送のフローにおける所要時間（一宮町）

フロー	動作内容	経過秒数					平均
		1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	
4	Ｊアラートの情報（疑似信号）を受信	0	0	0	0	0	0
4-1	ドローン、ドローンポートの状態確認	5	20	12	29	18	16.8
4-2	飛行開始のためドローンポートの外蓋の開きと充電機構の開放指示	5	20	12	29	18	16.8
5-1	ドローンポートの外蓋開く	5	20	12	29	18	16.8
5-2	ドローンポートの充電機構の開放	5	20	12	29	18	16.8
5-3	ドローンポートの状態確認：飛行準備完了	14	30	22	38	28	26.4
5-4	ドローンの飛行指示	14	30	22	38	28	26.4
5-5	ドローンの飛行準備	～61	～74	～66	～83	～73	～71.4
5-6	ドローン離陸	61	74	66	83	73	71.4
5-7	ドローン放送開始予定地点に到達	81	94	86	102	92	91
5-8	スピーカードローンから放送開始指示	81	94	86	102	92	91
5-9	スピーカードローンから放送開始	95	120	113	126	107	112.2

（2）異なる内容のＪアラート信号受信時の対応の検証

異なる内容のＪアラート信号を受信した際、受信した信号に対応した内容での自動放送の可否について確認を行った。実験においては、下図の行動２において、複数の異なるＪアラート信号を受信し多際にドローンからの放送内容を鳴らし分けられるかについて確認した。

表 28　自動音声放送のフロー（再掲）

行動	項目	フロー(例)
0	緊急情報発信の発生	大津波警報等の緊急に情報伝達を要する事態の発生
1	消防庁送信システム	消防庁よりJアラート送信システムを通じて全国に情報伝達
2	J-アラート受信機	地方自治体等に設置されたJアラート受信機で情報受信
3	自動起動装置	地方自治体等に設置された自動起動装置から、Jアラートの情報をドローン飛行管理システムに伝達
4	ドローン運行管理システム	ドローン運行管理システムで、Jアラートの情報を受信し、ドローン(ドローンポート)に飛行・避難広報の開始指示
5		ドローン運行管理システムからの指示により、ドローンポートからドローンが離陸し、飛行・避難広報を開始 飛行中は、ドローンの飛行情報やカメラの映像をドローン運行管理システムに配信 (指示からドローン離陸・避難広報開始までのおおよその時間:1分～2分)

（ア）実証場所１　宮城県仙台市

大津波警報（東日本大震災クラス）、大津波警報（東日本大震災クラス以外）、津波警報、津波注意報、訓練放送の５種類に分けて、放送がなされる事を確認した。

（イ）実証場所２　千葉県一宮町

大津波警報（東日本大震災クラス）、大津波警報（東日本大震災クラス以外）、津波警報、津波注意報、訓練放送の５種類に分けて、放送がなされる事を確認した。

2.1.3. 実証３　運用時における技術課題抽出

(１)実証の手順

（ア）実証場所１　宮城県仙台市

シナリオ：仙台市職員が、災害対策本部から専用 PC を用いて津波の避難広報の開始を指示する。

手順１：仙台市危機対策課職員が、災害対策本部に到着

手順２：津波避難広報ドローン用の PC を起動する。

手順３：PC から遠隔地のドローンに接続し、ドローンの情報を取得する。

手順４：PC から専用アプリで、津波避難広報の信号を発信する。

手順５：ドローンの飛行状況を、PC 画面で閲覧する。

（イ）実証場所２　千葉県一宮町

シナリオ：津波避難場所（ビル屋上）から避難者の確認と呼びかけ

手順１：現場到着　ドローンの飛行準備

手順２：周囲の安全確認

手順３：ドローン飛行　離陸、手動操縦で目的地まで飛行（目視内）

手順４：ドローン飛行　搭載カメラの操作、避難者の確認

手順５：ドローン飛行　搭載スピーカーの操作、マイクからの呼びかけ

手順６：ドローン飛行　搭載カメラの操作、避難者反応の確認

手順７：ドローン飛行　離陸場所へ帰還し、着陸

（ウ）実証場所３　宮城県白石市

シナリオ：山間部において、要救助者の捜索・発見と呼びかけ

手順１：現場到着　ドローンの飛行準備

手順２：周囲の安全確認

手順３：ドローン飛行　離陸、手動操縦で目的地まで飛行（目視内）

手順４：ドローン飛行　搭載カメラの操作、要救助者の確認

手順５：ドローン飛行　搭載スピーカーの操作、マイクからの呼びかけ

手順６：ドローン飛行　搭載カメラの操作、要求所反応の確認

手順７：ドローン飛行　離陸場所へ帰還し、着陸

(2)自治体職員からのヒアリング内容

（ア）実証場所１　宮城県仙台市

表 39　仙台市からのヒアリング内容

分類	内容
スピーカードローンの活用	2025 年 7 月 30 日に発生したカムチャツカ半島付近の地震に伴う津波注意報時においても、対象沿岸区域の避難広報を注意報発令と同時にドローンで広報開始することができている。
飛行前の準備・確認	・毎年の津波避難訓練においても、仙台市災害情報センターに設置した PC より津波避難広報ドローンの確認を行っている。事前に準備したマニュアルに基づき、職員がドローンへの接続・カメラ映像の確認を行っており、飛行の準備・設定については、支障を感じていない。 ・実運用した際に、マニュアル部分に不足点（操作結果の確認方法等）があると感じた。
自動飛行中	・ドローンの飛行中においても、ドローン 2 機のカメラ映像を仙台市災害情報センターにて問題なく確認できている。映像が若干乱れることもあるが、カメラ映像から沿岸にいる人の確認は行う事ができる。

（イ）実証場所２　千葉県一宮町

表 40　一宮町からのヒアリング内容

分類	内容
スピーカードローンの活用	・津波避難広報以外の所にも活用の幅が広がる。 ・目視内の手動飛行は可能だが、目視外飛行はハードルが高いのではないかと感じた。 ・活用方法として災害用途であれば、土砂災害、崖崩落の確認、他はイベント時の飛行などが考えられる。
飛行前の準備・確認	・確認する内容は理解できる・しているが、いざ運用するとなると、確認事項、流れのチェックリストが必要。 ・訓練時など、平時に使用するチェックリストと、災害時に最低限確認するチェックリストを分けることが必要。災害時は時間がないので、平時よりも時間をかけていられないと感じた。 ・通常はバッテリーを満充電していないので、バッテリー準備も必要。 ・想像よりもバッテリーの減りが早いと感じる。
手動飛行中	・職員で練習する環境や方法が大事。 ・飛行時の体制としては 2 人以上必要と感じた。 ・カメラ映像は遅延もほとんどなく、映像確認は有効。
その他	・役場では職員の入れかえがある。技術や知識の伝達も大事。

（ウ）実証場所３　宮城県白石市

表 41　白石市からのヒアリング内容

分類	内容
スピーカードローンの活用	・ドローンでできること（現場確認、避難呼びかけ）が、想定よりも多くて良い。
飛行前の準備・確認	・ドローンを扱った事はないが説明を聞いていると、準備内容としては難しさを感じない。チェックリストがあれば、問題なくできるだろう。 ・ドローンが正常であれば良いが、エラーや部品の破損があった場合など、交換作業が必要となった場合のマニュアルが必要。
手動飛行中	・すごく開けている場所ならば、操縦の難易度は低そう。ただし、山間部では開けている場所がないこともある。 ・ドローン飛行経験者が、安全のために簡単に判断している事が、職員が現場でいざとなるとできるかが不明。安全に飛行するための現場のチェックリストがあると安心できる。 ・上空から撮影した映像を、リアルタイムで現場本部と共有したい。（消防現場、指揮本部への情報共有）

2.1.4. 実証４　災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証

（１）耐風性能（ホバリング）検証

耐風性能については、飛行の安定性を保つためにパイロットによる手動操縦介入の必要の有無、ドローン搭載センサーの異常通知・警告（機体 4A のみ）を元に判定を行った。

（a）機体 4A　メーカー耐風性能公称値 12m/s

機体 4A（メーカー耐風性能公称値 12m/s）においては、公称値 12m/s を越えた風速から強風注意警告が表示された。また、風速 16m/s までは機体の安定を維持しつつ飛行可能であったが、風速 17m/s では機体の安定を維持して飛行するのは困難であるとパイロットにより判定され、風速 16m/s が耐風性能の限界との結果となった。

表 42-1　機体 4A による耐風性能（ホバリング）検証結果

風速	飛行安定性	センサー
5 m/s	安定	異常なし
8 m/s	安定	異常なし
12 m/s	安定	異常なし 強風注意警告あり
15 m/s	安定	異常なし 強風注意警告あり
16 m/s	安定	異常なし 強風注意警告あり
17 m/s	手動操縦による介入が必要	異常なし 強風注意警告あり
安定性限界と判断し、以降中止		

(b) 機体 4B　メーカー耐風性能公称値 14m/s

機体 4B（メーカー耐風性能公称値 14m/s）においては、風速 12m/s までは安定して飛行が可能であったが、風速 13m/s では機体の安定を維持して飛行するのは困難であるとパイロットにより判断された。

表 42-2　機体 4B による耐風性能（ホバリング）検証結果

風速	飛行安定性
5 m/s	安定
6 m/s	安定
7 m/s	安定
8 m/s	安定
9 m/s	安定
10 m/s	安定
11 m/s	安定
12 m/s	安定
13 m/s	手動操縦による介入が必要
安定性限界と判断し、以降中止	

写真 7　耐風性能（ホバリング）試験の実施状況

（２）耐風性能（離着陸）検証

機体 4A（メーカー耐風性能公称値 12m/s)、機体 4B（メーカー耐風性能公称値 14m/s）の両機体について、離陸時は高度 2～３m 程度まで上昇するまでに、下表のとおり離陸地点より風下方向にずれが生じた。両機体とも着陸時にはずれが見られなかった。離陸時の耐風性については、ホバリング時の傾向とは異なり機体 4A の方が飛行は不安定となった。これは可能性として、機体 4A の方が機体 4B よりも機体サイズが大きく風を受ける面積が大きいことや、機体が上昇するまでの時間が長く風の影響を受けやすい不安定な時間が比較的長いためではないかと考えられる。

（a）機体 4A　耐風性能 12m/s

表 43-1　機体 4A による耐風性能（離発着）検証結果

風速	離陸時位置	着陸時位置	センサー
3 m/s	風下 0.5m ずれ	ずれなし	異常なし
4 m/s	風下 1.1m ずれ	ずれなし	異常なし
5 m/s	風下 1.2m ずれ	ずれなし	異常なし
7 m/s	風下 2.4m ずれ	ずれなし	異常なし

（b）機体 4B　耐風性能 14m/s

表 43-2　機体 4B による耐風性能（離発着）検証結果

風速	離陸時位置	着陸時位置
5 m/s	風下 0.3m ずれ	ずれなし
7 m/s	風下 0.6m ずれ	ずれなし
8 m/s	風下 2.1m ずれ	ずれなし

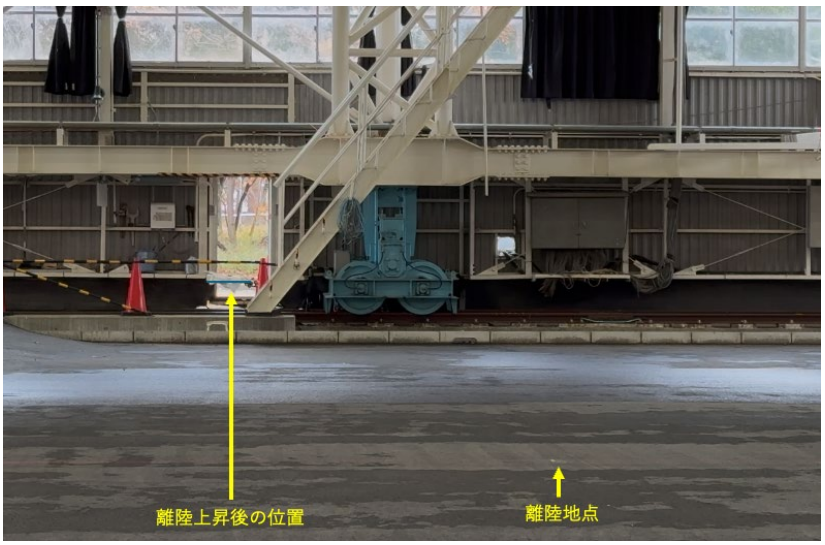


写真 8　耐風性能（離着陸）試験状況　：機体 4B　風速 8m/s

（３）対雨性能検証

耐雨性能試験では、ドローン搭載のバッテリーが 100%から 40%になるまでホバリングし、飛行時間を測定した。耐雨性能の判定については、耐風性能試験と同様に、①飛行の安定性を保つためにパイロットによる手動操縦介入の必要の有無、②ドローン搭載センサーの異常通知・警告（機体 4A のみ）を元に判定を行った。

(a) 機体 4A　防水性能 IPX5

機体 4A（防水性能 IPX5）においては、30mm/h の雨量においては安定して飛行し続けることが可能であったが、50mm/h の雨量においては飛行が安定せず、パイロットの手動操作による介入が必要となった。ドローンに搭載されたセンサーについては、機体上方センサーで使用不可の警告表示が発生した。これは、機体上方のセンサー部分に雨滴等が付着したためであると考えられる。

また、ドローンの飛行時間（バッテリー残量 40%まで）への影響について、15mm/h、50mm/h においては 25 分程度と一定の飛行時間であり、雨量が強くなったことの変化は見られなかった。しかし、30mm/h のみ飛行時間が 20 分となり、5 分（20%）ほど短くなっていたが、センサーや機体の安定性等に変化は見られなかったため、バッテリーの個体差等の影響も排除できない。

表 44-1　機体 4A による対雨性能検証結果

雨量	飛行安定性	センサー	飛行時間 バッテリー残 40%
15 mm/h	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示	25 分 10 秒
30 mm/h	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示	20 分 8 秒
50 mm/h	手動操縦による介入が必要	機体上方センサーが使用不可の警告表示	25 分 5 秒
安定性限界と判断し、以降中止			

（b）機体 4B　防水性能 IPX3

機体 4B（防水性能 IPX3）においては、15mm/h の雨量においては安定して飛行し続けることが可能であったが、30mm/h 以上の雨量においては飛行が安定せず、パイロットの手動操作による介入が必要となった。

また、ドローンの飛行時間（バッテリー残量 40%まで）への影響について、15、30、50mm/h においては 18～19 分程度と一定の飛行時間であり、雨量が強くなったことの変化は見られなかったが、80mm/h では約 17 分と 1 分（5%）ほど短くなっている。

表 44-2　機体 4A による対雨性能検証結果

雨量	飛行安定性	飛行時間 バッテリー残 40%
15 mm/h	安定	18 分 10 秒
30 mm/h	手動操縦による介入が必要	19 分 20 秒
50 mm/h	手動操縦による介入が必要	19 分 0 秒
80 mm/h	手動操縦による介入が必要	16 分 57 秒
安定性限界と判断し、以降中止		

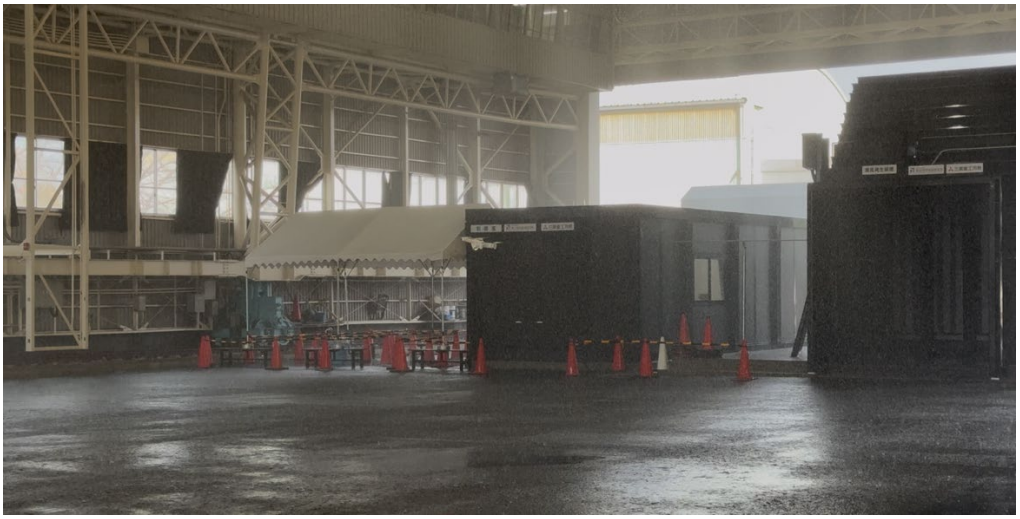


写真 9　耐雨性能試験状況　雨量 80mm/h

（４）雨＋風の実験

雨＋風の条件において飛行の安定性を確認した。本実験では、①雨量 80mm/h（猛烈な雨）で一定にして風速を変化させるケースと、②風速は①で確認した安定飛行が可能だと考えられる風速で一定にし、雨量を変化させるケースの２つのケースを行った。

なお、本実験では、各雨量・各風速において、1、2 分程度の時間で行った。なお、ドローンから警報音を発した際には、問題なく聞き取ることができた。

（a）機体 4A　防水性能 IPX5

【ケース①　雨量 80mm/h　風速を変化】

雨量を 80mm/h で固定し、風速は 8m/s から段階的に上昇させてドローンの安定性の確認を行った。風速 13m/s までは安定して飛行することが可能であったが、風速 14m/s では飛行が不安定となり、パイロットによる手動操作の介入が必要となった。メーカー公称値の耐風性能の数値は超えているが、風のみの耐風試験（風速 16m/s までは安定飛行可能）からは耐風性が下がった。

表 45-1　機体 4A による雨＋風の実験結果（雨量 80mm/h 固定、風速 8～14m/s 変更）

雨量	風速	飛行安定性	センサー
80 mm/h	8 m/s	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示
80 mm/h	10 m/s	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示
80 mm/h	12 m/s	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示
80 mm/h	13 m/s	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示
80 mm/h	14 m/s	手動操縦による介入が必要	機体上方センサーが使用不可の警告表示
安定性限界と判断し、以降中止			

【ケース②　風速 10m/s 固定　雨量を変化】

ケース①での実験をふまえ、豪雨中でもドローンの飛行が十分に安定すると考えられる風速 10m/s で一定にし、雨量を 80mm/h から段階的に上昇させて安定性の確認を行った。

飛行時の安定性においては、時間雨量 150mm/h までは安定して飛行し続けることが可能であったが、200m/h では飛行が不安定となり、パイロットによる手動操作の介入が必要となった。

表 45-2　機体 4A による雨＋風の実験結果（雨量 80～200mm/h、風速 10m/s 固定）

雨量	風速	機体飛行	センサー
80 mm/h	10 m/s	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示
100 mm/h	10 m/s	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示
150 mm/h	10 m/s	安定	機体上方センサーが使用不可の警告表示
200 mm/h	10 m/s	手動操縦による介入が必要	機体上方センサーが使用不可の警告表示
安定性限界と判断し、以降中止			

なお、暴風雨試験中には内部への水滴進入によるセンサーエラー等は生じなかったが、試験の翌日にドローンの動作確認を行ったところ、雨滴がドローン機体内に侵入しており多くのセンサーエラーを検知した。

(b) 機体 4B　防水性能 IPX3

【ケース①　雨量 80mm/h　風速を変化】

雨量を 80mm/h で固定し、風速を 5m/s から段階的に上昇させて安定性の確認を行った。風速 7m/s までは安定して飛行し続けることが可能であったが、8m/s では、飛行が不安定となりパイロットの手動操作の介入が必要となった。こちらも風のみの耐風性能検証試験の結果（12m/s までは安定飛行可能）からは耐風性が下がった。

表 45-3　機体 4B による雨＋風の実験結果（雨量 80mm/h 固定、風速 5～8m/s 変更）

雨量	風速	機体飛行
80 mm/h	5 m/s	安定
80 mm/h	7 m/s	安定
80 mm/h	8 m/s	手動操縦による介入が必要
安定性限界と判断し、以降中止		

【ケース②　風速 5m/s 固定　雨量を変化】

ケース①の結果から豪雨中でもなるべく安定する風速 5m/s で一定にし、雨量を 80mm/h から段階的に上昇させて安定性の確認を行った。

飛行時の安定性においては、100mm/h の雨量までは安定して飛行し続けること可能であったが、200m/h では、飛行が安定しなくなり、パイロットの手動操作の介入が必要となった。

表 45-4　機体 4B による雨＋風の実験結果（雨量 80～150mm/h、風速 5m/s 固定）

雨量	風速	機体飛行
80 mm/h	5 m/s	安定
100 mm/h	5 m/s	安定
150 mm/h	5 m/s	手動操縦による介入が必要
安定性限界と判断し、以降中止		

2.2. 机上検討結果

実証実験結果を踏まえつつ、音声伝達性能に影響を与える主要因を整理し、実運用を想定した机上検討を行った。

（1）音声伝達に影響を与える要因の整理

今回の実証実験では、スピーカードローンによる音声伝達性能に比較的大きな影響を与えた要因は次の２つであった。

・音声受信者に対するスピーカードローンの向き

・ドローンと音声受信者との間に存在する遮蔽物の有無

一方で、実験の範囲では、ドローンの飛行高度や、飛行速度の違いによる音声了解度への影響は限定的であった。

（2）観測者とドローンの間の水平距離に関する検討

実証実験では、遮蔽物が存在しない環境においては、ドローンと観測者との水平距離が約 400m であっても、音声内容を概ね聞き取ることが可能であることが確認された。しかしながら、実運用においては、以下の要素により音声の了解度が低下する可能性がある。

・周辺環境音（風音、波音、車両音、住民の活動音等）

・風向・風速による音の拡散・減衰

・地形や建築物配置による音の反射・遮蔽

このため、実運用においては、安全面を考慮しつつ確実な音達が可能となる飛行計画や放送計画を策定することが合理的である。

（3）スピーカーの向きに関する検討

実証実験で使用したスピーカーはいずれも指向性を有するタイプであり、ドローン（＝スピーカー）の向きが正面の場合に、最も高い音声了解度が得られた。一方、向きが側面及び後面の場合では、水平距離が同一であっても了解度及び音の大きさが低下する傾向が確認された。

この結果を踏まえると、指向性のあるスピーカーを搭載したドローンを用いて広範囲への情報伝達を行う場合には、以下のような運用上の工夫が有効と考えられる。

・放送対象エリアの方向にスピーカードローンが向くような飛行経路を設定する

・一定地点でホバリングし、機体を旋回させることで全方向への音声伝達を図る

・スピーカードローンが異なる方向を向くようにして複数回の飛行機械を確保する

飛行ルートを設定する際は、これらに注意することが必要だと考えられる。

（４）遮蔽物の影響の整理

実験では、ドローンと音声受信者の間に建物等の遮蔽物が存在する場合、音声はほとんど聞き取れなかった。ついては、実運用においては、可能な限り遮蔽のないように飛行位置や飛行高度を設定する必要があると考えられる。

3. 実証実験総括

本実証実験結果から得られた結果を以下に総括する。

3.1. 音声伝達性能検証

・音の了解度（最高値=5 に対し）について、全テストケースの平均値が 4.9 となり、放送内容は概ね伝わっている検証結果となった。

・音の大きさ（最良値=3 に対し）について、全テストケースの平均値が 2.7 となり、音の大きさも概ね適切、という検証結果となった。

・音の大きさのワーストケースは、同水平距離 400m、飛行高度 30m、後面向きの場合で 1.375 であったが、向きが正面で 2.5 に改善した（＋1.125）。同様に、音の了解度のワーストケースも水平距離 400m、飛行高度 30m、後面向きの場合で 3.625 だが、向きを正面にすると 4.75 まで改善した（+1.125）。

・60m までの飛行高度において、ドローンの飛行高度の差による大きな差は見られなかった。

・ドローンの飛行速度については、速度を 6、8、12m/s と変化させても音の了解度、音の大きさに変化傾向は見られなかった。

・ドローンの相対高度がマイナスとなる場合の検証になる場合の検証について、高度以外が同条件のケースと結果と大きな差は見られなかった。

上記の結果から、以下のように考察する。

・指向性スピーカーを搭載するドローンでは、全方向に音を届けるために工夫することが望ましい。

・飛行実験を行った 60m までの高度では、ドローンの飛行高度による音の減少幅は小さいと考えられる。

3.2. J アラートとの連動による自動飛行時の即時性検証

・J アラートに連動して自動でドローンが飛行し音声を放送するシステムでは、概ね 1～2 分程度で津波避難広報の音声放送が開始された。

・音声放送開始までの動作中で、ドローンポートの外蓋や充電機構からのドローンの開放に特に時間を要した。

上記の結果から、以下のように考察する。

・ドローンは発災後 2 分程度で避難を呼びかけることができるので、津波に関する警報などの災害情報の伝達で有効ではないか。

・緊急地震速報など特に緊急性の高い情報については、屋外スピーカー等の既存の伝達手段と連携することが必要ではないか。

3.3. 運用時における技術的課題抽出

・自治体職員がスピーカードローンを運用するにあたり、飛行前の準備、現場の安全確認事項をまとめたチェックリストや、機材トラブルがあった際の対応方法等を記載した運用マニュアルなどが必要だと思われる。

・災害時の緊急出動を行う場合は、ドローンのバッテリーを飛行前に十分充電された状態にしておくための方法や、その所要時間などの整理が必要であると思われる。

・職員が練習する環境や方法についても考慮する必要があると思われる。

3.4. 災害時環境を想定したドローンの有効性・耐候性検証

（1）耐風性能

・メーカーカタログ値付近の風速であれば飛行位置は安定し、ドローンのセンサーにも異常は見られなかった。

・ドローンの離着陸時については、離陸時にはメーカーカタログ値を大きく下回る風速値（4～8m/s）でもドローンの位置が風下方向に 1m～2.4m 程ずれるなどの影響があった。一方で、着陸時は、ほぼ位置のずれはなかった。

（２）耐雨・防水性能

・本報告書における実験で用いた防水性能 IPX3 のドローン機体は、雨量 15mm/h 以下であれば飛行は安定し、自動飛行、手動飛行ともに可能であったが、雨量 30mm/h 以上ではドローン搭載のセンサー等にもエラーが生じ、ドローンの飛行が不安定になった。

・本報告書における実験で用いた防水性能 IPX5 のドローン機体は、雨量 30mm/h 以下であれば飛行は安定し、自動飛行・手動飛行ともに可能であったが、雨量 50mm/h では、ドローン搭載のセンサー等にもエラーが生じ、ドローンの飛行が不安定となった。

（３）暴風雨時を想定した検証

・雨＋風の実験の場合、2 種類のドローン共に、風単体での検証よりも耐風性能は下がった。

・暴風雨試験時にはセンサーエラー等は生じなかったが、試験の翌日にドローンの動作確認を行ったところ、雨滴がドローン機体内に侵入しており、多くのセンサーエラーを検知した。

上記(１)から(３)の結果から、以下のように考察する。

・ドローンの運用において、メーカーカタログ値程度の風速環境下で運用するのが望ましい。

・強風時にドローンを離陸させる場合には、周辺環境を考慮し注意して飛行させることが望ましい。

・ドローンの耐雨性能には、センサーにエラーが生じ自動飛行に影響が出る限界と、浸水等の物理的な要因により、ドローンの飛行自体に影響が出る限界が考えられる。ドローンで自動飛行を行うには、センサーにエラーが生じない条件での運用が望ましい。

・短時間・1 回のみの手動飛行であれば暴風雨条件でも飛行できる可能性があるが、翌日以降もドローンを運用する場合には使用後のメンテナンス（乾燥、水滴除去）や、その後の動作確認が必要である。

3.5. 検討要件に対する結果

災害情報伝達手段としてドローンを活用するために考慮すべき主な事項（1 飛行ルート、2 放送内容、3 運用体制、4 スピーカーの性能、5 耐水性、耐風性）について、実験結果から想定される案を記載する。

（1）飛行ルート

（住民の安全を考慮したルートの選定。ドローンのバッテリーについての留意等）

表 46-1　飛行ルートについての検討結果

	考慮内容	備考
a	樹木や地上の構造物との接触リスクを回避できるような飛行高度を設定する。	60m までであれば、飛行高度による音の減少幅は小さかった
b	ドローンに搭載されたスピーカーが指向性のあるスピーカーの場合、避難放送の対象に対して、スピーカードローンがなるべく正対するよう、飛行経路中のドローンの向きを適切に設定する。必要に応じて、ホバリングし、360 度旋回するなどの工夫が必要。	
c	避難放送の対象とドローンとの間に遮蔽物が生じないように適切に設定する。	遮蔽物による音の減少幅は大きい
d	バッテリーに余裕がある時間内で飛行が完了できること、放送が十分に聞こえることなどに留意して、飛行速度や飛行経路を決定する。	

（2）放送内容

（飛行しながら放送することを考慮した、音声の長さや内容等）

表 46-2　放送内容についての検討結果

	考慮内容	備考
a	ドローンの放送が聞こえる音の時間の長さは、スピーカーの性能（有効可聴距離）、ドローンの飛行速度、周辺環境音　等のパラメーターで決定される。 最低 1 回は全文が聞こえるよう放送する文面を決定する。	例　ドローンの飛行速度 12m/s、正面 400m 先から聞こえる条件で、聞こえる時間 33 秒
b	なるべく広範囲に放送内容を届けるために、短く、簡潔な文面にすることも重要。	例　津波避難広報の場合「サイレン＋津波　逃げろ」など　短文でわかりやすく

（３）運用体制

（災害時における遅滞のないドローンの発進、音声の放送等）

表 46-3　運用体制についての検討結果

	考慮内容	備考
a	災害発生時において、対象エリアに遅滞なく放送を行うにあたり、ドローンの飛行方法によって避難放送開始までの所要時間が異なる。 パイロットによるドローンの手動飛行では、飛行準備・現場への移動時間等を考慮する必要がある。 J アラート等と連動しての自動飛行では、災害発生から１～２分でドローンの放送が開始できる。 これらの所要時間について留意することが必要。	自治体の職員を災害現場に向かわせることなく、逃げ遅れている人がいないかをカメラで確認できる点でも有効である。

（４）スピーカーの性能

（飛行するドローンから放送した音声の地上への明瞭な到達等）

表 46-4　スピーカーの性能についての検討結果

	考慮内容	備考
a	放送内容は、スピーカードローンの向きが対象と正対している場合では明瞭に聞こえる。よって、飛行中にスピーカーの向きを変更できるようにするか、飛行経路を工夫することが望ましい。	

（５）ドローンの耐水性・耐風性

（一定の降雨時等でもドローンが発進可能となるような性能等）

表 46-5　ドローンの耐水性・耐雨性についての検討結果

	考慮内容	備考
a	飛行中の耐風性能はメーカーカタログ値程度で運用する。ただし、メーカーカタログ値よりも低い風速であっても風下にドローン位置がずれる事もあるため、強風時の運用を想定する場合には、現地の風向風速を確認すると共に、設置場所の周囲に障害物（周辺の構造物やドローン格納用のドローンポートの構造）が無いか注意する。	現場の風速判断に、風速計の設置も有効
b	ドローンの耐雨性能には、センサーにエラーが生じる限界と、浸水や外力的な影響としてドローン飛行に影響が出る限界があると想定される。ドローンで自動飛行を行うには、センサーにエラーが生じない範囲での運用が望ましい。	

第3章　災害情報伝達手段としてのドローンの活用について

1.　自治体において災害時の情報伝達手段としてドローンを活用する際の留意事項

1.1.　飛行ルートについて

ドローンの飛行ルートを策定する際、前提として各種法令を遵守する必要がある。第１章に記載の航空法、小型無人機等飛行禁止法のほか、条例などを確認して、飛行が禁止されている区域は避けるといったルート設定を検討する必要がある。

航空法においては、事故又は災害時の捜索、救助その他これらに準ずる目的で行う無人航空機の飛行については、航空法第 132 条の 92 に基づく特例措置を適用することができる。この特例に該当する場合は、原則として、目視外飛行や人口集中地区上空飛行等に係る航空局への事前の飛行許可・承認申請は不要とされている。

一方で、この特例は航空法上の手続きを一部免除するものであり、安全確保の責務が免除されるものではない。安全確保のためには、以下のように平時から関係者との調整等を行うよう努めることが有効である。

- ✓ 警察、消防、自衛隊、報道機関、空港施設関係者等、災害時にヘリコプターなどを飛行させる可能性のある関係機関との事前調整
- ✓ 飛行ルート下の土地所有者等との事前調整
- ✓ 高圧電線、通信施設等の周辺インフラとの位置関係の確認
- ✓ 天候条件や周辺状況を踏まえた飛行の可否判断及び安全確保措置の整理

飛行ルート下の土地所有者等との調整について、民法上、第三者の土地の上空においてドローンを飛行させるに当たって、必ずしも土地所有者の同意を得る必要があるわけではないと整理されているが、地域の関係者に丁寧に説明し、理解と協力を得ることは重要であると言える。平時から自治体が主導して関係機関・関係者と整理しておくことが、災害時の円滑なドローン運用につながる。

また、避難訓練等の平時の運用においてドローンを飛行させる場合には、災害時の特例は適用されないため、航空法に基づく飛行許可・承認申請が必要となる。このため、災害時と平時とで法令上の取り扱いが異なることについて、留意が必要である。

ルート設計については、安全性や、効率よく放送を行えるかという点も考慮する必要があるほか、ドローンを操作する電波の伝搬が問題なく行えるかの確認も必要である。バッテリーの駆動時間を考慮し、飛行ルートは余裕をもって放送ができる距離にする必要がある。高度についても地形等を考慮し、適切に設定する必要がある。

上記を踏まえ、飛行ルートに関する留意事項は以下のとおりである。

- 安全かつ効率的に飛行可能なルートの検討をすること。飛行ルート下の土地管理者等には、災害時に飛行させることについて同意等を得ておくこと。
- 障害物等を考慮して、飛行する高度を検討すること。
- 緊急着陸が可能な場所を確認し、事前に調整しておくこと。
- バッテリーの容量等を踏まえ、余裕をもって予定する着陸地点まで飛行できる飛行経路設定をすること。

1.2. 運用体制について

スピーカードローンの運用体制について、災害の発生は予見することができないため、必要な時にいつでも放送が可能な体制を構築することが望ましい。ドローンにより放送を行う際には、発災後迅速に放送が行われることが必要である。ついては、Ｊアラートと連動した自動飛行や、即時の飛行が行える体制を、機械のメンテナンスなどのハード面、職員の運用体制等のソフト面の双方から担保することが重要である。

ハード面については、ポートやドローン本体の定期的なメンテナンスが必要である。また、電源が不足しないよう定期的な充電や、予備のバッテリーの用意を行う必要がある。

ソフト面については、平時からドローンの運用に関するルールを策定しておくことが重要である。

また、それぞれの災害について、ドローンを運用するかどうかをあらかじめ整理しておくことが必要である。ドローンの飛行は風雨等の天候に左右されるため、機体のスペック等を踏まえてどの程度の天候であれば飛行を実施できるのかをあらかじめ決定しておくことが望ましい。また、ドローンの飛行までに一定の時間を要することを踏まえると、到達までに一定の猶予がある津波に関する情報等の伝達では有効であるが、数分の猶予もない緊急地震速報等を放送する場合は、屋外スピーカーその他の手段と連携して災害情報を伝達することが必要であると考えられる。特にＪアラートで配信される情報については、放送予定地域の特性などに合わせてドローンによる放送を行うかを事前に整理してくことが必要である。

表 47　各Ｊアラート情報についてのスピーカードローンの有効性

放送する情報	スピーカー付きドローンの有効性
津波に関する情報	○（ドローンによる情報伝達が有効）
国民保護に関する情報	△（場所や状況によっては有効）
火山に関する情報	
気象に関する情報	
地震に関する情報	×（緊急地震速報の際は、数秒の猶予しかないため）

さらに、ドローンの運用方法などは、人事異動が発生しても問題なく運用できるようマニュアルを作成することが必要である。マニュアルには飛行に関係する職員の体制や、具体的な手順、また、法令などに基づく必要な通報などについて記載することが望ましい。

表 48　運用マニュアルの項目例

項目例	記載内容例
災害発生時の運用体制	災害発生時におけるドローンの運用について、運用に関わる人員の所在地や体制を記載する。
災害発生時の運用フロー	災害発生時における、ドローンの運用の流れについて記載 J アラートと連動して自動離発着・自動飛行・放送を行う場合、ドローンを自治体職員が操作して飛行・放送を行う場合など、想定する運用方法毎に運用フローを記載する。
災害の種別毎の設定等	災害や J アラートの種別毎の設定（飛行経路や放送内容）等について記載する。
災害発生時の運用の手順の詳細	運用フローで示した各手順について、その内容や実施方法を詳細に記載する。 飛行前の準備、飛行開始、飛行中の確認（テレメトリや映像等)、飛行完了後の確認、法令に定められた通報等
災害時の運用のルール、条件等	運用を行う際のドローンや気象条件等のルールについて記載する。
常時（災害以外）の保管・運用・保守等	災害発生時以外の際のドローンの保管や運用方法、定期的なメンテナンスや確認事項について記載する。
訓練等で使用する場合の運用方法	訓練等でドローンを運用する場合に、災害発生時と異なり航空法による許可申請が必要になるほか、運用体制や飛行方法も訓練に合わせて変更が必要な可能性がある。訓練時の運用体制、運用フロー等について記載する。

特に、運用フローについては、一つ一つの手順を機器の写真や、操作画面の画像などを用いてわかりやすく記載するなど、発災時に困らないマニュアルの作成が求められるほか、①運用可否決定段階、②飛行前確認段階、③飛行・放送中、④飛行終了後など、それぞれの運用フェーズに合わせて、チェックリストを作成することも有効である。

表 49　ドローン運用時の確認事項の例

①出動・対応判断段階 ✓ 当該災害（例：津波警報、避難指示）はドローン運用対象か ✓ 他の情報伝達手段（防災行政無線等）との役割分担は整理されているか ✓ ドローン運用により他機関（消防・警察・報道等）の活動を妨げないか ✓ 天候条件（風雨・視程）は飛行可能な範囲か ✓ 運用責任者・操作担当者が確保できているか
②現地到着時（飛行前確認） **⑴　周辺環境・安全確認** ✓ 離着陸地点周辺に第三者が立ち入っていないか。または離陸地点の上空に航空機や鳥、飛来物などがないか ✓ 強風・突風、降雨状況により飛行中止・見合わせ判断が必要でないか ✓ 周辺に高圧電線・通信施設・建築物等の支障物はないか **⑵　機体・システム状態確認** ✓ 機体が正常に待機状態にあるか、エラー表示が出ていないか ✓ バッテリー残量が飛行に十分か ✓ テレメトリ情報（通信状態・GPS）が正常か **⑶　飛行計画・放送内容確認** ✓ 自動飛行を行う場合、正しい飛行ルートが設定されているか ✓ 強風時等の緊急着陸地点は把握できているか ✓ 放送内容は災害種別に合致したものを選択しているか
③飛行・放送中の確認 ✓ 離陸後、機体の挙動に異常がないか ✓ 放送が想定どおり開始されているか ✓ 映像・テレメトリ情報が継続して受信できているか ✓ 他の航空機（ヘリ等）の活動が確認された場合、干渉の恐れはないか
④飛行終了後の確認 ✓ 機体が正常に着陸されたか。自動飛行の場合は、着陸後に正常に格納されたか ✓ 放送が確実に停止しているか ✓ バッテリーが充電状態に戻っているか ✓ 機体に破損・浸水等の異常がないか ✓ 必要に応じて関係機関への実施報告を行ったか ✓ 国土交通省航空局が定める飛行日誌への記録を行ったか

上記を踏まえ、運用体制に関する留意事項は以下のとおり。

- 定期的にメンテナンスを行い、常時飛行が可能な状況を確保しておくこと。
- 想定される災害時においても、通信、電源が確保できる等問題なく運用ができる体制を構築すること。
- 天候などの条件による飛行の可否についてのルールを事前に決めておくこと。
- 飛行を行う際、必要な場合は関係機関に連絡すること。
- 航空機の運航を阻害しないこと。
- 運用マニュアルの作成などを行い、人事異動が発生しても適切な運用が継続できること。
- 緊急地震速報のように即時性が求められる情報を伝達する場合には屋外スピーカー等と連携して放送を実施すること。
- 想定する運用時間帯において飛行が可能な体制を整えること（24 時間飛行が可能な体制等）。

1.3. 放送する内容について

スピーカードローンは、移動しながら放送を行うため、放送内容については適切な長さに設定する必要がある。どのような災害においてドローンによる放送を行うかについての整理と併せて、各災害に応じた伝達する放送内容をあらかじめ決めておくことが望ましい。

表 50　伝達する防災情報の例

防災情報の例
○気象・災害に関する情報（気象庁等からの情報） ・風水害関連情報、地震・津波関連情報、火山関連情報　等 ○国民保護に関する情報（内閣官房からの情報） ・弾道ミサイル情報、航空攻撃情報、大規模テロ情報　等 ○避難指示等に関する情報（自治体からの情報） ・高齢者等避難、避難指示、緊急安全確保　等

聞こえる音声の長さは①スピーカーの性能（有効可聴距離）、②ドローンの飛行速度、③周辺環境などにより決定されるため、想定する運用形態に応じて全文聞こえるような長さの放送内容を設定する必要がある。なお、実証実験の結果、12m/s までの速度で移動したところ、30 秒程度の文言であれば放送内容を問題なく聞き取ることができた。

例：仙台市の警告文（28 秒）
緊急　緊急　大津波警報発表　直ちに避難せよ　大津波警報発表　直ちに避難せよ　こちら仙台市

例：一宮町の警告文（30 秒）
大津波警報 大津波警報 直ちに高台に避難せよ　大津波警報 大津波警報 直ちに高台に避難せよ

上記を踏まえ、放送する内容に関する留意事項は以下のとおり。

- 災害の種別や規模などに応じた放送内容をあらかじめ整理しておくこと。
- 不足なく災害情報を伝達できるよう放送する文章はわかりやすく簡潔なものとし、スピーカーの性能（有効可聴距離）、ドローンの飛行速度、周辺環境等を踏まえ全文聞こえるような長さに設定すること。

1.4. スピーカーの性能について

スピーカーの出力によって多少の差はあるものの、高度や速度等の各種項目について、実証実験を行った範囲においてはすべての条件下で問題なく音声を聞き取ることができた。実験の範囲では、高度や速度を変えても、聞こえやすさに大きな影響はなかったが、スピーカーの観測者に対する向きが変わると聞こえやすさが変化した。ついては、想定する放送地域の環境に応じて必要なスピーカーの性能、向き等を考慮して調達を行うことが必要である。

また、実験においては、ドローンと音声受信者の間に建物等の遮蔽物が存在する場合、音声はほとんど聞き取れなかった。実運用においては、可能な限り遮蔽のないように飛行位置や飛行高度を設定する必要がある。

上記を踏まえ、スピーカーの性能に関する留意事項は以下のとおり。

- 想定される放送地域において、ドローンに搭載したスピーカーからの音声が明瞭に聞き取れるようスピーカーの性能、向き、遮蔽物などの周辺環境等に留意すること。

1.5. 耐水性・耐風性について

実証実験の結果、耐水性に関して、IPX5 の機種は最大 30mm/h、IPX3 の機種は最大 15mm/h の雨でも自動飛行ができ、ドローンは災害時でも一定の活用が可能と考えられることが分かった。他方、一定以上の降雨時に、自動飛行センサーが雨滴の付着によりエラーとなり、手動飛行は可能なものの、自動飛行ができなくなった。機体内に水滴が侵入することを防ぐためにも、飛行後、機体が濡れた場合は水滴をふき取るなどのメンテナンスが必要である。

耐風性については、飛行中はおおむね公称値（今回の実証で用いた機種では 12m/s、14m/s）の風速まで耐えることができたが、離陸時にはドローンの位置が風下にずれた。ドローンの選定や降雨時等の運用に当たっては、想定される運用状況に応じ必要な耐風性と耐水性を持つかについて、ドローンのスペック等を確認することが必要である。

その他、一定以上の降雨時には、ドローンの自動飛行用センサーに影響が生じる可能性があることを考慮し、急激な天候の変化があった場合は手動飛行への切替や運用を中止するといった対応方針を整理しておくことも重要である。強風時には、特に離陸時に機体が風下へ流される可能性があることを踏まえ、離着陸地点周辺の構造物などの環境等に注意が必要である。

上記を踏まえ、ドローン等の耐候性に関する留意事項は以下のとおり。

- 想定する運用状況に応じて必要な耐風性と耐水性を具備していること。
- 降雨時に飛行させた場合は、飛行後、水滴をふき取るなどの必要なメンテナンスを行うこと。
- 急激な天候の変化があった場合を想定し、手動飛行へ切り替える、運用を中止するといった対応方針を整理しておくこと。
- 離陸時に機体が風下へ流される可能性を考慮し、離発着地点周辺の環境に注意すること。

1.6. 留意事項のまとめ

上記から、自治体において災害時の情報伝達手段としてドローンを活用する際の留意事項は以下のとおり。

表 51　災害時の情報伝達手段としてドローンを活用する際の留意事項

飛行ルート
- 安全かつ効率的に飛行可能なルートの検討をすること。飛行ルート下の土地管理者等には、災害時に飛行させることについて同意等を得ておくこと。
- 障害物等を考慮して、飛行する高度を検討すること。
- 緊急着陸が可能な場所を確認し、事前に調整しておくこと。
- バッテリーの容量等を踏まえ、余裕をもって予定する着陸地点まで飛行できる飛行経路設定をすること。

運用体制
- 定期的にメンテナンスを行い、常時飛行が可能な状況を確保しておくこと。
- 想定される災害時においても、通信、電源が確保できる等問題なく運用ができる体制を構築すること。
- 天候などの条件による飛行の可否についてのルールを事前に決めておくこと。
- 飛行を行う際、必要な場合は関係機関に連絡すること。
- 航空機の運航を阻害しないこと。
- 運用マニュアルの作成などを行い、人事異動が発生しても適切な運用が継続できること。
- 緊急地震速報のように即時性が求められる情報を伝達する場合には、屋外スピーカー等と連携して放送を実施すること。
- 想定する運用時間帯において飛行が可能な体制を整えること（24 時間飛行が可能な体制等）。

放送する内容
- 災害の種別や規模などに応じた放送内容をあらかじめ整理しておくこと。
- 不足なく災害情報を伝達できるよう放送する文章はわかりやすく簡潔なものとし、スピーカーの性能（有効可聴距離）、ドローンの飛行速度、周辺環境等を踏まえ全文聞こえるような長さに設定すること。

スピーカーの性能
- 想定される放送地域において、ドローンに搭載したスピーカーからの音声が明瞭に聞き取れるようスピーカーの性能、向き、遮蔽物などの周辺環境等に留意すること。

耐水性・耐風性
- 想定する運用状況に応じて必要な耐風性と耐水性を具備していること。
- 降雨時に飛行させた場合は、飛行後、水滴をふき取るなどの必要なメンテナンスを行うこと。
- 急激な天候の変化があった場合を想定し、手動飛行へ切り替える、運用を中止するといった対応方針を整理しておくこと。
- 離陸時に機体が風下へ流される可能性を考慮し、離発着地点周辺の環境に注意すること。

2. 留意事項を踏まえた自治体におけるドローンの導入について

災害時の情報伝達手段としてドローンを導入するにあたり、既存の災害情報伝達手段との使い分けや、ドローンの活用が有効となる状況について、技術・法令・運用・住民理解の観点から横断的に整理した上で導入判断を行うことが望ましい。

参考として、災害情報伝達手段としてのドローンの導入までに検討する事項の例を記載する。

表 52　災害情報伝達手段としてのドローンの導入までの検討事項の例

項目	検討事項
導入目的・位置づけの整理	・既存の防災行政無線等との役割分担を明確にし、何のために導入するのか（屋外スピーカーの音声不達、地形的制約等の課題解決、観光客対応など）を整理 ・津波、大雨、河川氾濫、火災等、ドローンの活用を想定する災害種別を具体化 ・沿岸部、市街地、山間部、観光地等の地域特性に応じた運用形態の設定
運用体制の検討	・自治体職員が主体となるのか、委託事業者を利用するのかなどを整理 ・夜間・休日を含めた対応体制の可否を検討 ・導入目的に応じた飛行ルートの選定 ・安全面を確保しつつ音達が可能な飛行高度の設定 ・ドローンの運用に係る法令についても把握
機体・システム要件の整理	・想定される災害状況・環境に応じたドローンや運行システムの性能、スピーカー性能（音圧・指向性）を整理 ・Ｊアラート等との連携、自動飛行・遠隔操作等の必要性について整理

第4章　今後の活用と課題

1.　スピーカードローンの活用が見込まれる場面について

屋外スピーカーや戸別受信機の補助として運用するスピーカードローンについて、有効に活用される場面について整理したい。

ドローンの飛行までに１～２分ほどを要することを踏まえると、到達までに一定の時間がかかる津波に関する情報等の伝達では有効であるが、特に緊急性の高い緊急地震速報等を放送する場合は、屋外スピーカーその他の手段と連携して災害情報を伝達することが必要だと考えられる。その他の災害情報伝達に関しては場所や状況によっては有効だと考えられる（表 47）。

表 47　各Ｊアラート情報についてのスピーカードローンの有効性（再掲）

放送する情報	スピーカー付きドローンの有効性
津波に関する情報	○（ドローンによる情報伝達が有効）
国民保護に関する情報	△（場所や状況によっては有効）
火山に関する情報	
気象に関する情報	
地震に関する情報	×（緊急地震速報の際は、数秒の猶予しかないため）

そのため、災害情報の伝達については、屋外スピーカー等を基本としつつも、ドローンは、移動しながら広範囲に放送を行えるため、沿岸部や山間部等の地理的条件により屋外スピーカー等を整備するハードルが高い地域等においては、スピーカードローンを活用することが有効であると考えられる。

沿岸部については、上述のように海水浴場等に対して津波に関する情報を伝達するために有効である。山間部については、スキー場や登山ルートなど、広範囲に林野火災や火山噴火等の災害情報を伝達するために有効である。

更に、災害の発生前の予防施策としても、スピーカードローンの活用が期待される。例えば、林野火災警報が発令された場合など、山間部に対して広範囲に、火の取り扱いに注意する旨の放送を行うことが有効と考えられる。他方、発災前のドローンの使用については、航空法第 132 条の 92 の特例の対象とはならないと考えられるため、運用には注意が必要である。

また、ドローンがカメラを搭載していれば、災害現場のモニタリングが可能である。災害現場の状況を確認しながら、要避難者に対して避難広報を行う等の活用も可能だと考えられる。

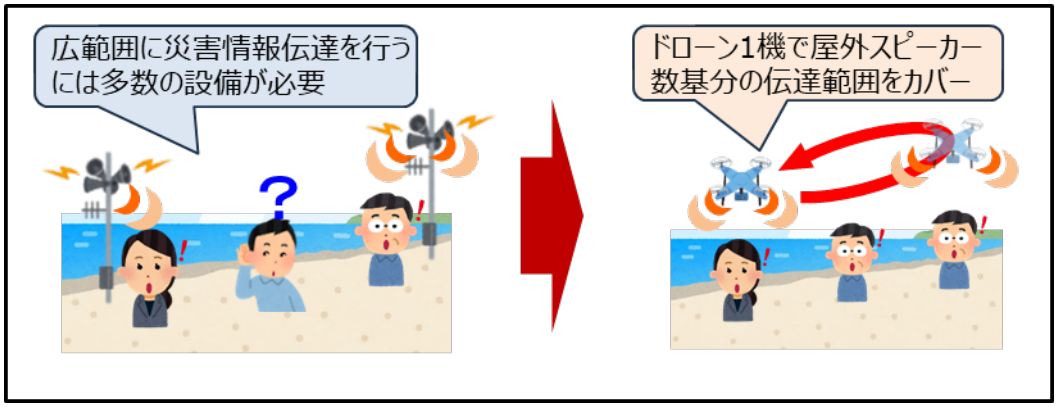


図 23　沿岸部でのドローンの活用イメージ

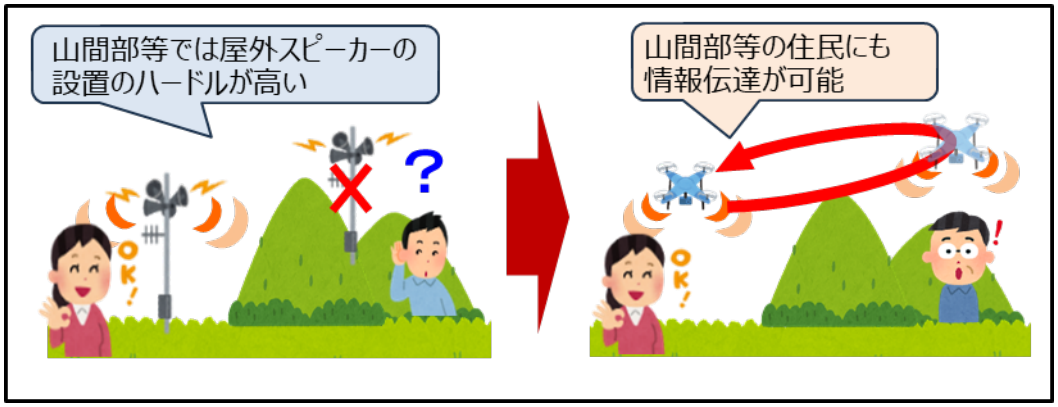


図 24　山間部でのドローンの活用イメージ

2. ドローンを災害情報伝達手段として活用する際の課題

実験の結果、スピーカードローンについて、遮蔽物等がない環境においては音達範囲が400メートルにまで達し、飛行中の放送内容についても問題なく聞き取ることができたことから、ある程度の広い範囲に対して情報伝達を行う際に有効であることが確認できた。また、受信する信号に応じてドローンからの放送内容が変更できたことも踏まえると、災害情報の伝達をするにあたり、スピーカードローンを使用することは有効であると言える。

他方、台風などの場合は、強風の環境下で、ドローンの飛行が困難であったため、災害情報を伝達することは難しいと考えられるほか、雨によりセンサー類が動作しなくなるなどの課題がある。また、飛行までに1～2分を要するなど、即時性にも課題がある。したがって、主たる災害情報伝達手段として必要な要件のうち、「発災前後を通じて、継続して使用できる耐災害性を有していること」及び「市町村が伝えるべき防災情報を制約なく伝達できること」を満たしているとは言えず、現時点では、防災行政無線等の代替とまではいえないと考えられる。ついては、現時点では、スピーカードローンは、屋外スピーカーや戸別受信機の補助として運用することが望ましいと考えられる。

今後の技術の発展により、Jアラート信号を受信後、即座にドローンが飛行・音声放送可能となり、さらに耐風性能等も向上した場合、緊急時地震速報等の即座の災害情報伝達や台風等の暴風を伴う災害情報伝達が可能となると考えられる。