

行政ニーズに対応したドローンの性能について

令和5年4月

国土交通省

目次

1. 行政ニーズに対応したドローンの性能の概要.....	1
1-1 背景・目的	1
1-2 本資料の構成.....	1
1-3 本資料の活用が想定される主体・活用方法	2
1-4 用語の定義	3
2. ユースケースごとに求められるドローンの性能.....	5
2-1 空撮	5
(1) 本ユースケースの概要	5
(2) 本ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能	5
(3) 本ユースケースにおいて今後の検討課題と考えられる性能.....	8
2-2 施設点検.....	9
(1) 本ユースケースの概要	9
(2) 本ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能	9
(3) 個別の用途ごとに求められるドローンの性能.....	11
(4) 本ユースケースにおいて今後の検討課題と考えられる性能.....	13
2-3 測量	14
(1) 本ユースケースの概要	14
(2) 本ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能	14
(3) 個別の用途ごとに求められるドローンの性能.....	16
(4) 本ユースケースにおいて今後の検討課題と考えられる性能.....	18
2-4 支援物資輸送.....	19
(1) 本ユースケースの概要	19
(2) 本ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能	19
(3) 個別の用途ごとに求められるドローンの性能.....	21
(4) 本ユースケースにおいて今後の検討課題と考えられる性能.....	23
3. ドローンの性能を検証するために行った試験.....	24
3-1 概要	24
3-2 着陸性能.....	26
3-3 誘導精度.....	27
3-4 耐風性能.....	28
3-5 長距離飛行性能・積載性能.....	29
3-6 耐温度性（低温側）	30
4. おわりに.....	31
5. 参考資料.....	31

1. 行政ニーズに対応したドローンの性能の概要

1-1 背景・目的

国土交通省では、平時での施設点検や地形測量、気象観測、また、災害時には被災状況の把握、被災者の救援・救助、災害復旧・復興支援等の行政ニーズに適切に対応するため、直轄現場等を実証フィールドとして活用しつつ、業務執行上必要となるドローンの早期実装を図るなどして、平時における生産性の向上、安全かつ迅速な災害対応等を目指して、令和3年度より、有識者をはじめ関係団体や関係省庁等に参画いただき、「行政ニーズに対応した汎用性の高いドローンの利活用等に係る技術検討会」（以下「検討会」という。）を開催してきた。

検討会では、上記の趣旨に則り、行政ニーズに対応した汎用性の高いドローン本体の標準的な性能規定化を検討事項の1つとして掲げているところである。

このため、本資料では、検討会での議論やドローンの実証実験の結果、関係団体等からの意見等を踏まえ、国土交通省の現場に求められるドローンの性能として、行政ニーズに対応したドローンの性能を整理した。

本資料を参考として、国土交通省の現場におけるドローンの実装やドローンメーカーにおける国土交通省の現場に適ったドローンの技術開発等が推進されることを期待する。

1-2 本資料の構成

本資料は、主に、国土交通省の現場でユースケースごとに求められるドローンの性能を記述した「2. ユースケースごとに求められるドローンの性能」と、ドローンの性能を検証するために行った試験を事例として記述した「3. ドローンの性能を検証するために行った試験」により構成している。

なお、「2. ユースケースごとに求められるドローンの性能」では、ユースケースの概要を記述した上で、関係部局や関係団体に確認を行い、国土交通省の現場で求められる性能を一般的に求められる性能として記述し、また、現時点では実現することが困難であると考えられる性能等を今後の検討課題と考えられる性能として記述している。加えて、ドローンの実証実験を実施したものについては、個別の用途ごとに求められるドローンの性能として、実証実験に際してドローンに求められた性能等を補足している。

また、「3. ドローンの性能を検証するために行った試験」では、着陸性能、誘導精度、耐風性能、長距離飛行性能・積載性能、耐温度性（低温側）のドローンの性能について、福島ロボットテストフィールドにおいて各々の性能を確認するために実施した検証の内容を記述している。

1-3 本資料の活用が想定される主体・活用方法

本資料は、国土交通省の現場において使用するドローンの調達等を行う者を対象としている。

本資料は、国土交通省の現場に求められるドローンの具体的な性能を整理しているので、ドローンの調達等にあたって参考資料として活用することができるが、個別のドローンについては、カタログ等で公表されている数値の前提とされている根拠が不明確であることが多く、また、カタログ等では把握できない性能もあることから、調達等を行おうとする場合には、「3. ドローンの性能を検証するために行った試験」に記述しているように、個別のドローンについて実際に性能を確認することが必要と考えられる。

なお、本資料では、国土交通省の現場に必要なドローンの具体的な性能を示しているが、これらの性能を満たしていない場合であっても、早急にドローンを調達しなければならないなどの理由から、実際に現場で調達されるドローンは本資料に示しているドローンの具体的な性能を満たさない場合が想定される。

また、ドローンメーカーがドローンを開発する際に、本資料を参考資料として活用し、国土交通省の現場に必要な性能を有したドローンの技術開発等が促進されることを期待しているが、例えばペイロードを大きくするため航続距離・時間が短くなるなど、性能によってはトレードオフの関係になるものがある。このようにトレードオフの関係になる性能があり優先順位をつけて開発を行わざるを得ない場合には、個別のユースケースに応じて優先順位をつけてドローンの開発を行うことが想定される。なお、「2. ユースケースごとに求められるドローンの性能」では、一般的に求められるドローンの性能を要求事項と選択事項に分けて記述しているので、優先順位をつけて開発を行う場合には、これを参考として開発を行うことが考えられる。

1-4 用語の定義

本資料において使用する用語の定義は次のとおりである。

IP 値

防塵性と防水性を表す値。2つの数値等で表示され、前の数値が防塵性の等級を表し、後の数値が防水性の等級を表す。

アクティブトラック

動いている被写体を追尾してドローンを自動飛行させる方法。

ウェイポイント飛行

予め通過する位置を設定してドローンを自動飛行させる方法。

運航管理システム (UTM (UAS Traffic Management))

ドローンのための運航管理システム。

EMC (Electromagnetic Compatibility) 性能

電磁的妨害源にならず、かつ、電磁的な干渉を受けないように、また、受けても、正常に動作する性能。

解像度

画像における画素の密度。

カタログ値

カタログ等で公表されている数値。

グリーンレーザー

可視光領域である波長 500nm 程度の光を発振するレーザーの総称。

GNSS (Global Navigation Satellite System)

衛星測位システムの総称。

航続時間・距離

離陸から着陸までに飛行した距離・時間。

最大風圧抵抗

機体に作用する空気の抵抗の限界値、本資料では風速 (m/s) で表示。

ジンバル

カメラを水平に保つ機構。

ストレージモード

バッテリーを保管する際の設定。

スフィア撮影

周囲 360 度を球面撮影する方法。

テレメトリー

電波による送受信。

ドローン

航空法において定義される無人航空機。

ドローンポート

ドローンの離着陸場。

ハンドキャッチ・リリース

飛行しているドローンを手で捕捉することや、ドローンを手から放して飛行させること。

P2P (Peer-to-Peer) 通信

サーバー等を介さず、端末同士で直接行う通信。

ペイロード

積荷の重量。

ポイントインテレスト飛行

予め設定した位置を中心に円を描く形でドローンを自動飛行させる方法。

メカニカルシャッター方式

物理的なシャッターの開閉によりセンサーの受光を制御する方式。

RTK (Real Time Kinematic) —GNSS

衛星測位システムとともに位置の分かっている基準局を用いて測位する方法。

RTH (Return to Home) 機能

予め設定した位置にドローンを自動で帰還させる機能。

ローリングシャッター現象

動いている被写体を撮影した画像に歪みが生じる現象。

2. ユースケースごとに求められるドローンの性能

2-1 空撮

(1) 本ユースケースの概要

ドローンによる空撮については、現状、国土交通省の現場においても、災害時の被災状況の把握のほか、平時における広報に至るまで幅広く行われており、国土交通省の現場におけるドローンの利活用の大部分を占めている。また、ドローンにより空撮したデータを用いて撮影した対象の3次元データ化も行われるなど、空撮したデータの活用方法も広がっているところである。こうしたニーズに対応した小型ドローン等の開発が望まれている。

(2) 本ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能

本ユースケースにおいて、一般的に国土交通省の現場で求められる具体的なドローンの性能を次に掲げる。なお、空撮に用いるドローンについては、災害時にも活用されることが想定されるため、災害時に求められる性能も含めて一般的に求められるドローンの性能として整理している。

(要求事項)

<ペイロード>

- 空撮に使用するカメラや位置情報を得るための受信機等の装置を搭載するのに必要なペイロードや取り付け機構を有すること。

<耐候性>

- ドローンを使用する現場の平時の環境に対応できる耐候性を有すること（平時でも風が強い沿岸域等での使用を想定した場合、最大風圧抵抗として少なくとも15m/s程度を有すること）。

<飛行能力>

- 空撮する範囲に応じた航続距離・時間を有すること（移動時間等も考慮すると45分程度の航続時間を有すること）。
- 自動飛行等が想定される場合には、設定された飛行ルート・高度を安定して飛行ができること。同一飛行経路を飛行することができるよう、ウェイポイント飛行ができること。
- 障害物を検知し、自律的に回避できる機能を有すること。
- RTH (Return to Home) 機能を有すること。また、飛行環境によっては、安全性確保のため、プロペラガードが装着できること。
- 搭載機器や運用環境を考慮した EMC (Electromagnetic Compatibility) 性能を有すること。

<画像等>

- リアルタイムでの映像伝送や必要とされる画像品質（解像度等）等に対応した撮影ができること。
- ソフト補正やメカニカルシャッター方式等によりローリングシャッター現象が防止できること。
- カメラのジンバル操作角は、-90度～+60度程度であること。
- 撮影した画像データにGNSS等の位置情報が記録されること。

<通信>

- 十分な映像伝送距離、それに伴う通信性能を有すること（実績を踏まえると3km以上の映像伝送距離は必要、さらに海上（沖合）での利用など用途によっては、より長い映像伝送距離が必要となることが想定される）。
- 有人機との航空運用調整も円滑に実施するため、運航管理システム（UTM）へ接続できる機能を有すること。

<バッテリー>

- バッテリーについて、飛行時においても残量が確認できること。

<セキュリティ>

- 公共の安全等に支障が生じないように、飛行記録及び取得データなどに対する高いセキュリティ性を有すること。

(選択事項)

<耐候性>

- 平時でも風が強い沿岸域等での使用を想定する場合、高い耐風性（最大風圧抵抗として可能であれば20m/s程度）を有すること。
- 寒冷地等での使用を想定する場合、高い耐温度性（低温側）（動作環境として-20℃程度）を有すること。
- 防水、防塵について、IP値として54相当であること。

<飛行能力>

- 広範囲での空撮等を想定する場合、可能であれば60分程度の航続時間であること。

<画像等>

- スフィア撮影ができること（ただし、スフィア撮影した画像データは測

量目的としては使用されない)。また、ポイントインテレスト飛行できることやアクティブトラック機能も有すること。

- カメラのジンバル操作角は、可能であれば、垂直真上も確認することができるよう、-90度～+90度程度であること。
- データの取り扱いの利便性の観点から、記録媒体は MicroSD カードであること。

<通信>

- 既存通信インフラが使用できなくなることが想定される場合には、衛星通信や P2P (Peer-to-Peer) 通信 (169MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯無人移動体画像伝送システム等) ができ、通信距離が 5km 以上であること。また、電波の混信・干渉を防止するための運用調整を伴う通信手段を有すること。

<バッテリー>

- バッテリーについて、保管に適切な充電量が保たれるよう、ストレージモードが自動で実施されること。
- バッテリーの持ち運びの際に旅客機による移動が想定される場合には、機内持ち込みが可能となるよう、1本あたりの容量が 100Wh 未満であること。

<機体構造>

- 非常時に、十分にドローンの離着陸スペースが確保できないことが想定される場合には、ハンドキャッチ・リリースが行える機構等を有すること。
- 機体アームを折りたたむことができる等の可搬性を有すること (機体の持ち運びの際に旅客機による移動が想定される場合には、機内持ち込みが可能であること)。

(3) 本ユースケースにおいて今後の検討課題と考えられる性能

本ユースケースにおいて、今後の検討課題と考えられる具体的なドローンの性能を次に掲げる。

- 行政職員、民間コンサルタント等の技術者が、安価で簡易に利用できること。
- 非 GNSS 環境下で、離発着地点から自動飛行し、調査できること。
- 降雪時の夜間に遠方まで飛行し、滞留車両を把握できるセンサー、耐温度性（低温側）、耐雪性等を有すること。
- 撮影した画像データ等を測量に使用する場合、空撮画像等のデータを飛行中にクラウド上にアップロードし、解析拠点へ転送できる機能を有すること。
- 沿岸部での利用を想定した着水防止・不沈機能等を有すること。海上での使用を想定する場合、耐塩霧性を有することや IP 値として X6（耐水形）であること。
- 必要があれば、国際標準に適合したドローンポートからの自動離発着、データ伝送、充電等が可能であること。

2-2 施設点検

(1) 本ユースケースの概要

ドローンによる施設点検については、現状、国土交通省の現場においては、橋梁等の定期点検への活用、港湾等のインフラ維持管理の効率化に向けたシステムの開発等の取組を行っているところである。

(2) 本ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能

本ユースケースにおいて、一般的に国土交通省の現場で求められる具体的なドローンの性能を次に掲げる。

(要求事項)

<ペイロード>

- 施設点検に使用するカメラや位置情報を得るための受信機等の装置を搭載するのに必要なペイロードや取り付け機構を有すること。

<耐候性>

- ドローンを使用する現場の平時の環境に対応できる耐候性を有すること（平時でも風が強い沿岸域等での使用を想定した場合、最大風圧抵抗として少なくとも 15m/s 程度を有すること）。

<飛行能力>

- 施設点検する範囲に応じた施設点検が可能となる航続距離・時間を有すること。
- 自動飛行等が想定される場合には、設定された飛行ルート・高度を精度良く飛行ができること（解像度等の一定程度の画像品質を確保するため、点検対象との離隔距離が小さくなる場合にも、設定された飛行ルート・高度を精度良く飛行ができること）。同一飛行経路を飛行することができるよう、ウェイポイント飛行ができること。
- RTH (Return to Home) 機能を有すること。また、飛行環境によっては、安全性確保のため、プロペラガードが装着できること。
- 障害物を検知し、自律的に回避できる機能を有すること。

<画像等>

- リアルタイムでの映像伝送や必要とされる画像品質（解像度等）等に対応した撮影ができること。
- ソフト補正やメカニカルシャッター方式等によりローリングシャッター現象が防止できること。

- カメラのジンバル操作角は、-90度～+60度程度であること。
- 撮影した画像データにGNSS等の位置情報が記録されること。

<通信>

- 十分な映像伝送距離、それに伴う通信性能を有すること（海上（沖合）での利用など用途によっては、長い映像伝送距離が必要となることが想定される）。

<バッテリー>

- バッテリーについて、飛行時においても残量が確認できること。

<セキュリティ>

- 公共の安全等に支障が生じないように、飛行記録及び取得データなどに対する高いセキュリティ性を有すること。

(選択事項)

<耐候性>

- 平時でも風が強い沿岸域等での使用を想定する場合、高い耐風性（最大風圧抵抗として可能であれば20m/s程度）を有すること。

<飛行能力>

- 施設点検にあたり長距離の飛行を想定する場合には、可能な限り長い航続距離・時間を有すること。

<画像等>

- カメラのジンバル操作角は、可能であれば、垂直真上も確認することができるよう、-90度～+90度程度であること。
- データの取り扱いの利便性の観点から、記録媒体はMicroSDカードであること。

<通信>

- 施設点検にあたり長距離の飛行を想定する場合には、可能な限り高い通信性能を有すること。

<バッテリー>

- バッテリーについて、保管に適切な充電量が保たれるよう、ストレージモードが自動で実施されること。

(3) 個別の用途ごとに求められるドローンの性能

<概要>

実証内容：

ドローンを活用して港湾施設（桟橋、波除堤）の表面の変状を把握できる画像の撮影を実施した。

実証実施日：令和4年11月30日

実証実施場所：川崎港



使用機材：

ドローン

	機体A	機体B
展開寸法	600×500×500mm程度	600×600×150mm程度
重量	3kg(機体のみ、BAT除く)程度	2kg(カメラ、BAT含む)程度
最大離陸重量	7kg程度	2kg程度
最大飛行時間	20分程度(機体のみ)	20分程度(カメラ、BAT含む)
最高速度	25m/s程度	15m/s程度
機体伝送距離	2km程度	4km程度
映像伝送距離	2km程度	-
耐風性	20m/s程度	-
衝突回避	有	有
カメラ・レンズ	フルサイズ約6100万画素 焦点距離35mm	1型約2000万画素 焦点距離28mm

<検証項目・結果>

本実証の検証項目・結果を次に掲げる。コンパスセンサーが影響を受けない機体または飛行手法の開発が求められる。

検証項目	検証結果
ブレ等のない地上分解能 1mm/pix 、 2mm/pix 等の画像データを取得できるか。	栈橋では、両機種とも地上分解能 2 mm/pix の画像データが撮影できた。波除堤では、機体 A では地上分解能 2mm/pix の画像データが撮影できたが、機体 B では、地上分解能 2 mm/pix の画像データを撮影できない場合があった。取得できた画像データにはブレ等は確認されず、3 mm 程度のひび割れを目視で確認できた。
計画した飛行経路により、計測密度が一定となる高度・速度を保ちつつ、ドローンが安定した自動飛行を行い、測量できるか。	一定程度の離隔距離がないと構造物内の矢板等の鋼材の影響によると考えられるコンパスエラーが生じて飛行が安定しなかった。栈橋及び波除堤では、両機種とも地上分解能 1mm/pix の画像データは撮影できなかった。

<求められたドローンの性能>

本実証を行うにあたって、求められた具体的なドローンの性能を次に掲げる。

- 施設点検に使用するカメラや位置情報を得るための受信機等を搭載するのに必要なペイロードや取り付け機構を有すること。
- 施設点検する範囲に応じた施設点検が可能となる航続距離・時間 (1.0km、10 分程度) や通信性能を有すること。
- 適切な隣接コースとの重複度が確保できるよう、設定された飛行ルート・高度を設定された速度 (1.0m/s 程度) で持続的に安定して飛行ができること。
- 機体のコンパスセンサーが影響を受けずに被検査構造物と近接して調査できること。

(4) 本ユースケースにおいて今後の検討課題と考えられる性能

本ユースケースにおいて、今後の検討課題と考えられる具体的なドローンの性能を次に掲げる。

- 行政職員、民間コンサルタント等の技術者が、安価で簡易に利用できること。
- 非 GNSS 環境下（共同溝点検、橋桁下の橋梁基礎点検等）で、離発着地点から自動飛行し、調査できること。
- トンネル内等で、被検査構造物と近接して調査できること（例えば、コンパスセンサーが影響を受けない機体、飛行手法の開発が必要。）。
- 沿岸部での利用を想定した着水防止・不沈機能等を有すること。海上での使用を想定する場合、耐塩霧性を有することや IP 値として X6（耐水形）であること。
- 国際標準に適合したドローンポートからの自動離発着、データ伝送、充電等が可能であること。

2-3 測量

(1) 本ユースケースの概要

ドローンによる測量については、現状、国土交通省の現場においては、グリーンレーザーを搭載したドローンによる水中部の地形測量の現場実証等の取組を行っているところである。また、ドローンを用いた測量の標準的な作業マニュアルを作成し、測量法第34条に基づく作業規程の準則に反映するなど、公共測量における基準の整備等の取組を行っているところであり、作業規程の準則や公共測量マニュアル（案）を公表している。

(2) 本ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能

本ユースケースにおいて、一般的に国土交通省の現場で求められる具体的なドローンの性能を次に掲げる。

(要求事項)

<ペイロード>

- 測量に使用するレーザーや位置情報を得るための受信機等を搭載するのに必要なペイロードや取り付け機構を有すること。
- 運搬時等に機材の取り付け・取り外しが容易にでき、取り付け時の位置ずれがなく堅牢なこと。
- 機体総重量（レーザー等積載時）が25kg未満であること。

<耐候性>

- ドローンを使用する現場の平時の環境に対応できる耐候性を有すること（平時においても、風が強い海岸では高い耐風性、寒冷地では高い耐温度性（低温側）、夏季の高温下では継続的に飛行可能な耐久性を有すること）。
- 測量機材等も含め、急な豪雨に対応できる防水性を有すること。

<飛行能力>

- 測量する範囲に応じた測量が可能となる航続距離・時間を有すること。
- 高い精度での測量を行う場合、作業規程の準則等に基づき測量を行うため、適切な点密度や隣接コースとの重複度が確保できるよう、RTK-GNSS等により設定された飛行ルート・高度を設定された速度（低速度）で持続的に安定して飛行ができること。

<通信>

- 測量する範囲に応じた測量が可能となる通信性能を有すること。また、山奥や離島など機体・操縦者間のテレメトリーの通信環境が悪い場所でも

飛行に影響がなく、都心部など無線交信が多い場所でも安定してテレメトリー及び映像伝送が可能な通信性能を有すること。

- 測量作業中にリアルタイムで、点群データ等の取得状況を確認できる機能を有すること。

<機体構造>

- 山間地等での運搬や利用が想定される場合には、折り畳みやコンパクトな収納が可能で、組み立てが容易であること。

<バッテリー>

- バッテリーについて、飛行時においても残量が確認できること。

<セキュリティ>

- 公共の安全等に支障が生じないように、飛行記録及び取得データなどに対する高いセキュリティ性を有すること。

(選択事項)

<飛行能力>

- 測量にあたり長距離の飛行が想定される場合には、可能な限り長い航続距離・時間を有すること。
- 障害物を検知し、自律的に回避できる機能を有すること。

<通信>

- 測量にあたり長距離の飛行が想定される場合には、可能な限り高い通信性能を有すること。

(3) 個別の用途ごとに求められるドローンの性能

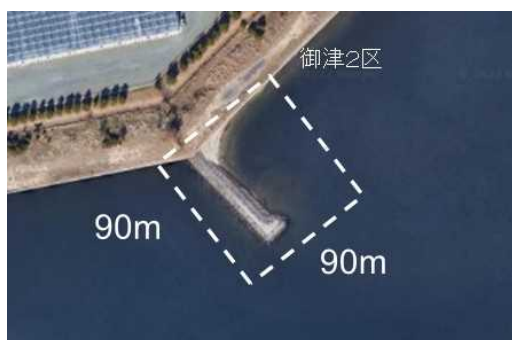
<概要>

実証内容：

グリーンレーザーを搭載したドローンを活用して海底の測量を実施した。

実証実施日：令和4年12月2日

実証実施場所：三河港



使用機材：

ドローン

展開寸法	900×900×700mm程度
重量	10kg程度(BAT含む)
ペイロード	5kg程度
最大飛行時間	25分程度(機体のみ)
最高速度	45km/h程度

グリーンレーザー

レーザークラス	3R
ビーム拡がり角	11mrad程度
視野角	30deg程度
スキャン速度	70Hz程度
発射レート	20000Hz程度
測深能力	1.5センチ程度
対地高度	30m程度
最長測定距離	40m程度
測定精度	5cm程度
IMU位置精度	2cm程度

<検証項目・結果>

本実証の検証項目・結果を次に掲げる。深い海域の海底を測量するためには、測深能力の高いグリーンレーザーの開発等が求められる。

検証項目	検証結果
浅海域の海底地形計測ができるか。	実証時の透明度 0.3m 程度、白波が少し立っている場合には、水深 0.5m 程度までの浅い海域の海底地形は計測できたが、水深 0.5m 程度以上の海底地形を計測することはできなかった。
計画した飛行経路により、計測密度が一定となる高度・速度を保ちつつ、ドローンが安定した自動飛行を行い、測量できるか。	計画した飛行経路により、計測密度が一定となる高度・速度を保ちつつ、ドローンが安定した自動飛行を行うことができた。

<求められたドローンの性能>

本実証を行うにあたって、求められた具体的なドローンの性能を次に掲げる。

- 測量に使用するグリーンレーザーを搭載するのに必要なペイロード (5.0kg 程度) や取り付け機構を有すること。
- 測定する範囲に応じた測量が可能となる航続距離・時間 (1.5km、10 分程度) や通信性能を有すること。
- 適切な点密度や隣接コースとの重複度が確保できるよう、設定された飛行ルート・高度を設定された速度 (5.0m/s 程度) で持続的に安定して飛行ができること。

(4) 本ユースケースにおいて今後の検討課題と考えられる性能

本ユースケースにおいて、今後の検討課題と考えられる具体的なドローンの性能を次に掲げる。

- ガソリンエンジンを搭載するなどにより、ペイロードが高く、一度の飛行で広範囲が測量できる長時間飛行が可能であり、測量に適した振動が少ない自律飛行等が可能であること。
- 飛行時に上空の風速を地上のコントローラ等で確認できること。
- 鳥の接近を妨げる機能を有していること。
- 周辺の地形情報や障害物を回避しつつ、測量精度を確保した最適な飛行ルートが設定できるソフト等と連携できること。
- 山間部等の広域測量時の目視外飛行でも対応可能である、機体・操縦者間のテレメトリー及び映像伝送が可能な通信機能を有すること。
- 国際標準に適合したドローンポートからの自動離発着、データ伝送、充電等が可能であること。
- 測量用カメラは、小型軽量でかつ、焦点距離・焦点位置、レンズのゆがみが許容範囲内であり、補正のためのパラメーターが明確であること。
- グリーンレーザーにおいては水部での高い測深性能を有し、安価であること。
- 搭載したセンサーによる計測精度向上のため、飛行時に空中での姿勢や加速度等を高精度、短い間隔で計測し、1秒未満の間隔でドローンの位置座標を記録できること。
- 点群データ等のデータを飛行中にクラウド上にアップロードし、解析拠点へ転送できる機能を有すること。

2-4 支援物資輸送

(1) 本ユースケースの概要

ドローンによる支援物資輸送については、災害時、道路の寸断等により陸路での物資輸送が困難である場合に活用が想定される。また、ドローンによる支援物資輸送は、災害時に物資輸送事業者が不足している場合、ドローンの自動飛行による物資輸送を行うことで物資輸送に必要となる人員を削減する効果も見込まれる。支援物資輸送に係るドローンの具体的な性能については、災害時にどのようにドローンを活用するのかに大きく依存するものであるため、ドローンの活用に仕方に応じてペイロード等の必要な性能を有するドローンの調達等を行うことが必要と考えられる。

(2) 本ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能

本ユースケースにおいて、一般的に国土交通省の現場で求められる具体的なドローンの性能を次に掲げる。

(要求事項)

<ペイロード>

- 想定されるドローンの活用方法に応じたペイロードを有すること。

<耐候性>

- 災害時や悪天候時等の場合にも支援物資輸送ができるように可能な限り高い耐候性（耐風、耐水、耐温度性等）を有すること。

<飛行能力>

- 想定されるドローンの活用方法に応じた支援物資輸送が可能となる航続距離・時間を有すること。
- 支援物資輸送にあたって自動飛行・離着陸が想定される場合には、ドローンの活用方法に応じた誘導精度、荷役機能（吊り下げ、自動切り離し等）を有すること。

<通信>

- 十分な映像伝送距離、それに伴う通信性能を有すること（支援物資輸送先まで長距離の飛行となる場合には、長い映像伝送距離が必要となることが想定される。）。
- 山奥や離島など機体・操縦者間のテレメトリーの通信環境が悪い場所でも飛行に影響がなく、都心部など無線交信が多い場所でも安定してテレメトリー及び映像伝送が可能な通信性能を有すること。

<バッテリー>

- バッテリーについて、飛行時においても残量が確認できること。

<セキュリティ>

- 公共の安全等に支障が生じないよう、飛行記録及び取得データなどに対する高いセキュリティ性を有すること。

(選択事項)

<飛行能力>

- 支援物資輸送先まで長距離の飛行が想定される場合には、可能な限り長い航続距離・時間を有すること。
- 障害物を検知し、自律的に回避できる機能を有すること。

<通信>

- 支援物資輸送先まで長距離の飛行が想定される場合には、可能な限り高い通信性能を有すること。

(3) 個別の用途ごとに求められるドローンの性能

<概要>

実証内容：

ドローンを活用して小型船（港湾業務艇）から内陸の災害支援拠点まで支援物資の輸送を実施した。

実証実施日：令和4年10月4日

実証実施場所：静岡県東伊豆町



使用機材：

ドローン

展開寸法	2200×2400×700mm程度
重量	20kg程度(BAT含む)
最大離陸重量	40kg程度
ペイロード	20kg程度
最大飛行時間	30分程度(機体のみ)
最高速度	60km/h程度
機体伝送距離	1km程度(LTE化可能)
映像伝送距離	1km程度(LTE化可能)
耐風性	12m/s程度
フェールセーフ機能	有
物資の取付け	手動
物資の取外し	手動

<検証項目・結果>

本実証の検証項目・結果を次に掲げる。対策としては、ドローンポートを備え付けた船舶での輸送の実施、限られたスペースでも使用可能な高ペイロードの小型ドローンの開発、静穏な海域に錨泊しての輸送の実施、動揺する船舶における精度の高い自動離着陸技術の開発、着陸する際にフック等を船舶に掛ける機械的な仕掛け等が考えられる。なお、動揺する船舶からの支援物資輸送において手動操縦での離着陸を行う場合には、操縦者の操縦技術の高い習熟度が必要である。また、船舶からの支援物資輸送については、輸送する物資等にあわせて小型のドローンを活用することが考えられる。このほか、海上からの支援物資輸送を行う場合には、海上の通信状況を確認しておく必要がある。

検証項目	検証結果
小型船（港湾業務艇）に設置したドローンポートで10kg程度の物資を積載したドローンが離発着することができるか。	小型船（港湾業務艇）からの離発着は手動操縦にて実施した。特に、着陸時については、水平・鉛直方向に動揺する船舶にあわせて着陸させる必要があるため、自動飛行による着陸は困難であり、手動操縦でも3m四方のドローンポートにドローンを着陸させるためには熟練の操縦技術が必要であった。
10kg程度の物資を積載したドローンが自動飛行し、物資受取側（内陸の災害支援）に設置したドローンポートで離発着することができるか。	小型船（港湾業務艇）からの離発着は手動操縦にて実施したが、それ以外は問題なく自動飛行を行うことができた。また、物資受取側（内陸の災害支援）では、RTKでの飛行を行い、着陸誤差なく3m四方のドローンポートの中心に着陸することができた。

<求められたドローンの性能>

本実証を行うにあたって、求められた具体的なドローンの性能を次に掲げる。

- 想定されるドローンの活用方法に応じたペイロード（10.0kg程度）を有すること。
- 想定されるドローンの活用方法に応じた航続距離・時間（3.0km、20分程度）や通信性能を有すること。

(4) 本ユースケースにおいて今後の検討課題と考えられる性能

本ユースケースにおいて、今後の検討課題と考えられる具体的なドローンの性能を次に掲げる。

- 支援物資を多く輸送することができるよう、可能な限り高いペイロードを有すること。
- 限られたスペースでも使用可能であること。
- 動揺する船舶においても精度の高い自動離着陸ができること。
- 山間地等での運搬や利用が想定される場合には、折り畳みやコンパクトな収納が可能で、組み立てが容易であること。
- 国際標準に適合したドローンポートからの自動離発着、データ伝送、充電等が可能であること。

3. ドローンの性能を検証するために行った試験

ドローンの性能を検証するため、無人航空機性能評価手順書（2020年5月 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）を参考に、着陸性能、誘導精度、耐風性能、長距離飛行性能・積載性能、耐温度性（低温側）に関する試験を行った。これらの試験の概要や、性能検証の方法、結果は次のとおりである。

3-1 概要

性能検証の目的：

実証実験は限られた条件で実施するものであるため、ドローンの性能を確認する検証を行うことができないことから、福島ロボットテストフィールドの設備を活用し、ドローンの性能を検証した。

性能検証の内容：

着陸性能

設定した着陸地点から実際の着陸地点までの誤差を測定

誘導精度

飛行計画ルートに対する飛行誤差を測定

耐風性能

定常風による手動飛行の限界性能を検証

長距離飛行性能・積載性能

機種別のカタログ値と検証結果を比較検証

耐温度性（低温側）

低温下でも機体が安定して起動し、飛行可能か検証

検証実施日：令和5年2月6日～10日

検証実施場所：福島ロボットテストフィールド



使用機材：

物資輸送、空撮、点検用のドローン計6機を用いた。

最大離陸重量	50kg程度	10 kg程度	2kg程度	7kg程度	0.5kg程度	1kg程度
用途	物資輸送(大)	物資輸送(小)、 空撮、点検	空撮、点検	空撮、点検	空撮、点検	空撮、点検

3-2 着陸性能

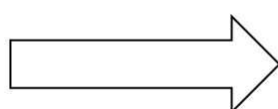
<性能検証の方法>

屋外に設置したドローンポートへの着陸性能を次のとおり検証した。

- 機体をドローンポートから離陸後、30m上昇させた後、高度 30mの上空でドローンポートから離れた位置にドローンを移動。
- 移動させた位置から自動飛行でドローンポートに自動着陸。
- 設定した着陸地点（ドローンポートの中心）から着陸位置までの誤差を測定。
- 測定は、原則、各機種 3 回実施。

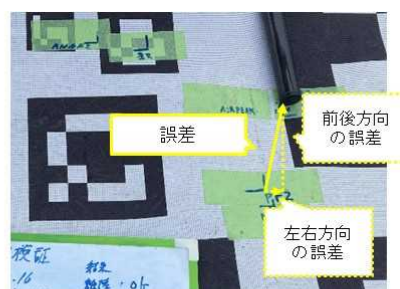


ドローンポートにドローンを置き、ドローンを離陸させる



高度30mの上空まで上昇し、ドローンポートから離れた位置に移動

移動させた位置から自動飛行し、着陸



着陸後、設定した着陸地点（ドローンポートの中心）から着陸位置までの誤差を測定

<性能検証の結果>

検証の結果は次のとおりである。

誤差			風速			最大誤差 (cm)	風速 (m/s) (最大誤差が生じたフライト開始時)	気温 (°C) (最大誤差が生じたフライト開始時)	平均誤差 (cm)	平均風速 (m/s)	平均気温 (°C)	測位方法	ビジョンセンサーによる補正の有無
1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目								
4.5	3.9	6.4	4.7	4.5	4.3	6.4	4.3	9.2	4.9	4.5	9.1	GPS+GLONASS+QZSS	有

測定結果の一例

- ビジョンセンサーの機能（①着陸地点の画像を記憶し正確に着陸する機能又は②着陸地点の QR コードをカメラで読み取り正確な着陸地点に誘導する機能）の有無による着陸精度の検証を実施。
- ビジョンセンサーによる補正が働かなかった場合、平均で 150cm、最大で 253cm の誤差であった一方、働いた場合、平均で 17 c m、最大で 48 c m 程度の誤差との結果。
- 着陸精度を向上させることは、ドローンポート無しでの正確な着陸又はドローンポートの小型化に資するもので、ビジョンセンサーはその一方策として有効であることを確認。

3-3 誘導精度

<性能検証の方法>

計画した飛行経路に対する誘導精度を次のとおり検証した。

- 3 測線 (1 測線あたり 100m以上) からなる矩形の飛行計画を作成。
- 設定した高度 (30m)、速度 (1m/s、5m/s) で自動飛行を行い、設定した飛行計画と飛行実績の水平誤差を測定。



<性能検証の結果>

検証の結果は次のとおりである。

測位方式	飛行速度 (m/s)	水平誤差	平均風速 (m/s)	横風(北風)成分 (m/s)	平均気温 (°C)
GPS	1	50cm程度	4.7	2.9	6.6

測定結果の一例

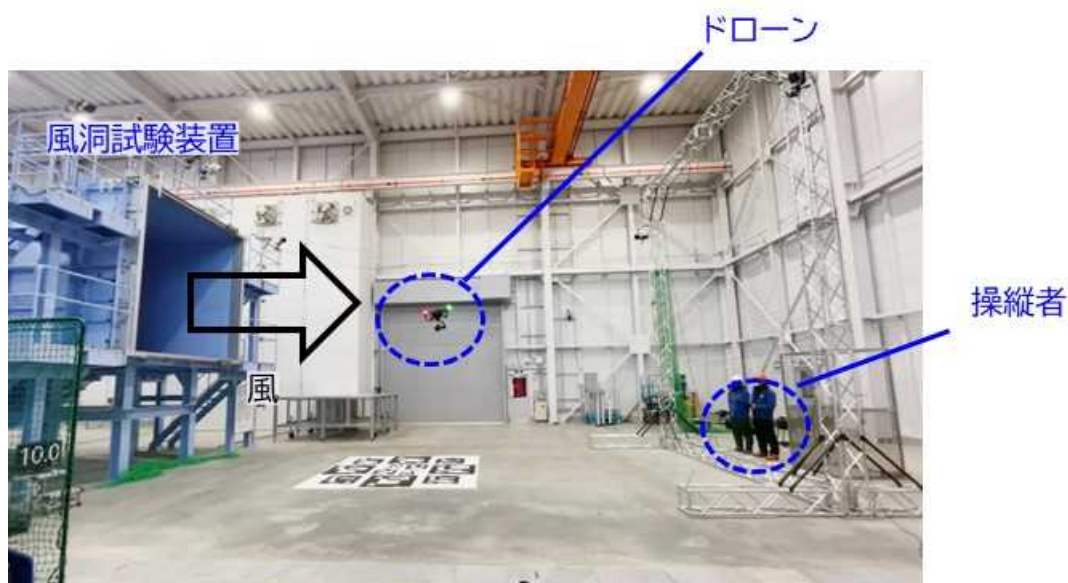
- 飛行速度 1m/s の場合、概ね飛行計画に沿った飛行を行うことができ、最大水平誤差は 50cm や 30cm 程度であった。

3-4 耐風性能

<性能検証の方法>

屋内（非 GNSS 環境下）にてドローンの耐風性能を次のとおり検証した。

- 風洞試験装置前方に機体を手動飛行でホバリングさせる。
- 風洞試験装置により風を発生させ、ドローンに吹き付ける風の速度を徐々に（0.5m/s ずつ）増大。
- 操縦者が、安全にホバリングをできないと判断した時点でホバリングを終了し、その時の風速を測定。
※ 機体の向き（前後左右）を変えて、上記を1回ずつ実施。



<性能検証の結果>

検証の結果は次のとおりである。

正面	側面	ビジョンセンサーによる補正の有無	操縦者	カタログ値
5m/s	5m/s	無	当該機体を活用した実証等に参画している者	12m/s

測定結果の一例

- 各機種のカタログ値 20m/s、15m/s、12m/s、12m/s に対して、それぞれ正面から 10m/s、5m/s、10m/s、5m/s の風速で制御困難となった（ただし、検証回数が少ないことに留意が必要）。
- 風速 5m/s～10m/s で飛行困難となるのは、現場フィールドでの実証時に、パイロットが「飛行困難」と判断する風速値とほぼ一致。

3-5 長距離飛行性能・積載性能

<性能検証の方法>

屋外にて自動飛行による周回飛行を行い、長距離飛行性能・積載性能を次のとおり検証した。

- 設定した飛行ルートで周回飛行を開始する。
- 飛行速度は、長距離飛行時の一般的な飛行速度 5m/s とした。
- 飛行中の機体のバッテリー残量（電圧値）が、安全上の限界（残量 40%以下）となった時点で飛行を終了し、飛行時間を測定。
※ ペイロードを変化させることが可能な機体については、ペイロードを変化させて上記を実施。



<性能検証の結果>

検証の結果は次のとおりである。

ペイロード :飛行時間(実測値)	風速 (m/s)	気温 (°C)	ペイロード :飛行時間(カタログ値)
0kg :18分 2kg :11分	3.0 2.8	8.6 8.5	0kg :22分 2kg :12分

測定結果の一例

- 低ペイロード（2kg～3kg）のドローンの飛行時間は、カタログ値とほぼ一致。
- 高ペイロード（30kg）のドローンは、ペイロード（離陸総重量）が増大すると飛行時間が顕著に減少（バッテリー消費量が顕著に増大）するため、実運用時には留意が必要。

3-6 耐温度性（低温側）

<性能検証の方法>

屋外にて低温下で、機体が飛行可能かを次のとおり検証した。

（検証方法①）

- 屋外にて、保温せずにバッテリーを保管し、実験時に機体が起動するか確認。
- 起動時にバッテリーエラーがなければ、手動にて目線高でホバリング後 30m の高度に上昇し、飛行を行い、不具合の有無を確認。

上記方法で実施したところ、最初の機体は高度 30m でバッテリーエラーが生じ墜落したため、2機種目以降も墜落のおそれがあったことから、検証方法を以下のとおり変更。

（検証方法②）

- 起動時にバッテリーエラーがなければ、目線高でホバリング飛行を行い、上昇させずに、ホバリング飛行の状態の不具合の有無を確認。
- バッテリー残量が 40%になるまでの飛行時間を測定。

<性能検証の結果>

検証の結果は次のとおりである。

飛行時間 (実測値)	平均風速 (m/s)	最大風速 (m/s)	気温 (℃)	備考	飛行時間 (カタログ値)	動作環境温度 (カタログ値)
15分	6.9	10.4	3.3	検証方法②で実施	25分	0~40℃

測定結果の一例

- 検証方法①で実施した機体は、外気温≒バッテリー温度が 3-4℃時に、地上から高さ 30mまで上昇させたところでバッテリーエラーが発生、モーターが停止し墜落。
- 他の機種は、検証方法②で実施したところ、カタログ値の 50~60%程度の飛行時間であった。
- 「3-5 長距離飛行性能・積載性能」(6.4~8.6℃で実施)では、ほぼカタログ値と一致していたが、より低温環境(3.0~3.8℃)で実施した本検証では、カタログ値と比較して飛行時間が大幅に減少(ただし、周回飛行とホバリングといった飛行形態の違いとバッテリー消費の関係については未検証)。
- 低温下での実運用に際しては、バッテリー残量 40%までを安全圏と考えるならば、カタログ値の 50~60%程度の飛行時間が一つの目安となり、墜落に注意する必要がある。

4. おわりに

国土交通省では、災害時におけるドローンの利活用のほか、平時での施設管理・点検や測量等、ドローンを活用した取組を行っているところである。具体的には、施設管理・点検については、ドローンの自律飛行による河川巡視の試行や橋梁等の定期点検への活用、港湾等のインフラ維持管理の効率化に向けたシステムの開発等の取組を行っており、また、測量については、ドローンを用いた測量の標準的な作業マニュアルの作成や作業規程の準則への反映など、公共測量における基準の整備等の取組を行っているところである。

このような状況の中、令和4年12月に改正航空法が施行し、有人地帯における補助者なし目視外飛行（レベル4飛行）が可能となり、また、経済安全保障やスタートアップ支援等の政策を推進していく上でドローン技術への期待は高まっているなど、ドローンを巡る情勢は大きく変化しており、国土交通省の現場においても、ドローンの一層の利活用が期待されている。

本資料では、国土交通省の現場で求められる具体的なドローンの性能等を記述しており、将来的に求められる性能についても記述しているが、バッテリーや充電器等が標準化されることにより、将来、現場でのドローンの利活用の利便性が向上することなども考えられ、このような技術開発等が進展することを期待している。

また、ドローンメーカーにおいては、航空法に規定する型式認証を取得できる性能を有したドローンの開発を目指していただくことを期待するとともに、「2. ユースケースごとに求められるドローンの性能」に記述している今後の検討課題と考えられる性能等を参考に、ドローンの技術開発等が進展し、今後のドローン産業の振興や発展が図られることを期待している。

5. 参考資料

「2. ユースケースごとに求められるドローンの性能」に記述している一般的に求められる性能を「各ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能（一覧表）」として整理したので、参考資料として添付する。

各ユースケースにおいて一般的に求められるドローンの性能（一覧表）

		求められる性能
空撮	要求事項	<p><ペイロード></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 空撮に使用するカメラや位置情報を得るための受信機等の装置を搭載するのに必要なペイロードや取り付け機構を有すること。 <p><耐候性></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ドローンを使用する現場の平時の環境に対応できる耐候性を有すること（平時でも風が強い沿岸域等での使用を想定した場合、最大風圧抵抗として少なくとも 15m/s 程度を有すること）。 <p><飛行能力></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 空撮する範囲に応じた航続距離・時間を有すること（移動時間等も考慮すると 45 分程度の航続時間を有すること）。 ○ 自動飛行等が想定される場合には、設定された飛行ルート・高度を安定して飛行ができること。同一飛行経路を飛行することができるよう、ウェイポイント飛行ができること。 ○ 障害物を検知し、自律的に回避できる機能を有すること。 ○ RTH (Return to Home) 機能を有すること。また、飛行環境によっては、安全性確保のため、プロペラガードが装着できること。 ○ 搭載機器や運用環境を考慮した EMC (Electromagnetic Compatibility) 性能を有すること。 <p><画像等></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ リアルタイムでの映像伝送や必要とされる画像品質（解像度等）等に対応した撮影ができること。 ○ ソフト補正やメカニカルシャッター方式等によりローリングシャッター現象が防止できること。 ○ カメラのジンバル操作角は、-90 度～+60 度程度であること。 ○ 撮影した画像データに GNSS 等の位置情報が記録されること。 <p><通信></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 十分な映像伝送距離、それに伴う通信性能を有すること（実績を踏まえると 3km 以上の映像伝送距離は必要、さらに海上（沖合）での利用など用途によっては、より長い映像伝送距離が必要となることが想定される）。 ○ 有人機との航空運用調整も円滑に実施するため、運航管理システム（UTM）へ接続できる機能を有すること。 <p><バッテリー></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ バッテリーについて、飛行時においても残量が確認できること。 <p><セキュリティ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 公共の安全等に支障が生じないように、飛行記録及び取得データなどに対する高いセキュリティ性を有すること。
	選択事項	<p><耐候性></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 平時でも風が強い沿岸域等での使用を想定する場合、高い耐風性（最大風圧抵抗として可能であれば 20m/s 程度）を有すること。 ○ 寒冷地等での使用を想定する場合、高い耐温度性（低温側）（動作環境として-20℃程度）を有すること。 ○ 防水、防塵について、IP 値として 54 相当であること。 <p><飛行能力></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 広範囲での空撮等を想定する場合、可能であれば 60 分程度の航続時間であること。

		<p><画像等></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ スフィア撮影ができること（ただし、スフィア撮影した画像データは測量目的としては使用されない）。また、ポイントインテレスト飛行できることやアクティブトラック機能も有すること。 ○ カメラのジンバル操作角は、可能であれば、垂直真上も確認することができるよう、-90度～+90度程度であること。 ○ データの取り扱いの利便性の観点から、記録媒体は MicroSD カードであること。 <p><通信></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 既存通信インフラが使用できなくなることが想定される場合には、衛星通信や P2P (Peer-to-Peer) 通信 (169MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯無人移動体画像伝送システム等) ができ、通信距離が 5km 以上であること。また、電波の混信・干渉を防止するための運用調整を伴う通信手段を有すること。 <p><バッテリー></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ バッテリーについて、保管に適切な充電量が保たれるよう、ストレージモードが自動で実施されること。 ○ バッテリーの持ち運びの際に旅客機による移動が想定される場合には、機内持ち込みが可能となるよう、1本あたりの容量が 100Wh 未満であること。 <p><機体構造></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 非常時に、十分にドローンの離着陸スペースが確保できないことが想定される場合には、ハンドキャッチ・リリースが行える機構等を有すること。 ○ 機体アームを折りたたむことができる等の可搬性を有すること（機体の持ち運びの際に旅客機による移動が想定される場合には、機内持ち込みが可能であること）。
<p>施設 点検</p>	<p>要求 事項</p>	<p><ペイロード></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 施設点検に使用するカメラや位置情報を得るための受信機等の装置を搭載するのに必要なペイロードや取り付け機構を有すること。 <p><耐候性></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ドローンを使用する現場の平時の環境に対応できる耐候性を有すること（平時でも風が強い沿岸域等での使用を想定した場合、最大風圧抵抗として少なくとも 15m/s 程度を有すること）。 <p><飛行能力></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 施設点検する範囲に応じた施設点検が可能となる航続距離・時間を有すること。 ○ 自動飛行等が想定される場合には、設定された飛行ルート・高度を精度良く飛行ができること（解像度等の一定程度の画像品質を確保するため、点検対象との離隔距離が小さくなる場合にも、設定された飛行ルート・高度を精度良く飛行ができること）。同一飛行経路を飛行することができるよう、ウェイポイント飛行ができること。 ○ RTH (Return to Home) 機能を有すること。また、飛行環境によっては、安全性確保のため、プロペラガードが装着できること。 ○ 障害物を検知し、自律的に回避できる機能を有すること。 <p><画像等></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ リアルタイムでの映像伝送や必要とされる画像品質（解像度等）等に対応した撮影ができること。 ○ ソフト補正やメカニカルシャッター方式等によりローリングシャッター現象が防止できること。 ○ カメラのジンバル操作角は、-90度～+60度程度であること。 ○ 撮影した画像データに GNSS 等の位置情報が記録されること。 <p><通信></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 十分な映像伝送距離、それに伴う通信性能を有すること（海上（沖合）での利用など用途によっては、長い映像伝送距離が必要となることが想定される）。 <p><バッテリー></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ バッテリーについて、飛行時においても残量が確認できること。

		<p><セキュリティ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 公共の安全等に支障が生じないように、飛行記録及び取得データなどに対する高いセキュリティ性を有すること。
	<p>選択事項</p>	<p><耐候性></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 平時でも風が強い沿岸域等での使用を想定する場合、高い耐風性（最大風圧抵抗として可能であれば 20m/s 程度）を有すること。 <p><飛行能力></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 施設点検にあたり長距離の飛行を想定する場合には、可能な限り長い航続距離・時間を有すること。 <p><画像等></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ カメラのジンバル操作角は、可能であれば、垂直真上も確認することができるよう、-90 度～+90 度程度であること。 ○ データの取り扱いの利便性の観点から、記録媒体は MicroSD カードであること。 <p><通信></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 施設点検にあたり長距離の飛行を想定する場合には、可能な限り高い通信性能を有すること。 <p><バッテリー></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ バッテリーについて、保管に適切な充電量が保たれるよう、ストレージモードが自動で実施されること。
<p>測量</p>	<p>要求事項</p>	<p><ペイロード></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 測量に使用するレーザーや位置情報を得るための受信機等を搭載するのに必要なペイロードや取り付け機構を有すること。 ○ 運搬時等に機材の取り付け・取り外しが容易にでき、取り付け時の位置ずれがなく堅牢なこと。 ○ 機体総重量（レーザー等積載時）が 25kg 未満であること。 <p><耐候性></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ドローンを使用する現場の平時の環境に対応できる耐候性を有すること（平時においても、風が強い海岸では高い耐風性、寒冷地では高い耐温度性（低温側）、夏季の高温下では継続的に飛行可能な耐久性を有すること）。 ○ 測量機材等も含め、急な豪雨に対応できる防水性を有すること。 <p><飛行能力></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 測量する範囲に応じた測量が可能となる航続距離・時間を有すること。 ○ 高い精度での測量を行う場合、作業規程の準則等に基づき測量を行うため、適切な点密度や隣接コースとの重複度が確保できるよう、RTK-GNSS 等により設定された飛行ルート・高度を設定された速度（低速度）で持続的に安定して飛行ができること。 <p><通信></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 測量する範囲に応じた測量が可能となる通信性能を有すること。また、山奥や離島など機体・操縦者間のテレメトリーの通信環境が悪い場所でも飛行に影響がなく、都心部など無線交信が多い場所でも安定してテレメトリー及び映像伝送が可能な通信性能を有すること。 ○ 測量作業中にリアルタイムで、点群データ等の取得状況を確認できる機能を有すること。 <p><機体構造></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 山間地等での運搬や利用が想定される場合には、折り畳みやコンパクトな収納が可能で、組み立てが容易であること。

		<p><バッテリー></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ バッテリーについて、飛行時においても残量が確認できること。 <p><セキュリティ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 公共の安全等に支障が生じないよう、飛行記録及び取得データなどに対する高いセキュリティ性を有すること。
	選択事項	<p><飛行能力></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 測量にあたり長距離の飛行が想定される場合には、可能な限り長い航続距離・時間を有すること。 ○ 障害物を検知し、自律的に回避できる機能を有すること。 <p><通信></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 測量にあたり長距離の飛行が想定される場合には、可能な限り高い通信性能を有すること。
支援物資輸送	要求事項	<p><ペイロード></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 想定されるドローンの活用方法に応じたペイロードを有すること。 <p><耐候性></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 災害時や悪天候時等の場合にも支援物資輸送ができるように可能な限り高い耐候性（耐風、耐水、耐温度性等）を有すること。 <p><飛行能力></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 想定されるドローンの活用方法に応じた支援物資輸送が可能となる航続距離・時間を有すること。 ○ 支援物資輸送にあたって自動飛行・離着陸が想定される場合には、ドローンの活用方法に応じた誘導精度、荷役機能（吊り下げ、自動切り離し等）を有すること。 <p><通信></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 十分な映像伝送距離、それに伴う通信性能を有すること（支援物資輸送先まで長距離の飛行となる場合には、長い映像伝送距離が必要となることが想定される。）。 ○ 山奥や離島など機体・操縦者間のテレメトリーの通信環境が悪い場所でも飛行に影響がなく、都心部など無線交信が多い場所でも安定してテレメトリー及び映像伝送が可能な通信性能を有すること。 <p><バッテリー></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ バッテリーについて、飛行時においても残量が確認できること。 <p><セキュリティ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 公共の安全等に支障が生じないよう、飛行記録及び取得データなどに対する高いセキュリティ性を有すること。
	選択事項	<p><飛行能力></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 支援物資輸送先まで長距離の飛行が想定される場合には、可能な限り長い航続距離・時間を有すること。 ○ 障害物を検知し、自律的に回避できる機能を有すること。 <p><通信></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 支援物資輸送先まで長距離の飛行が想定される場合には、可能な限り高い通信性能を有すること。