



Seven to Five

令和4年度  
ドローン社会実装促進実証事業

# 設備警備業務の負荷軽減に向けた 屋内巡回ドローン技術確立のための実証試験

2023年3月16日

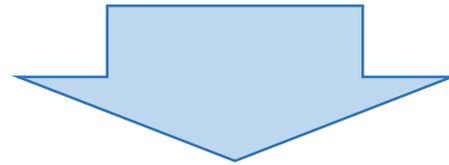
セブントゥーファイブ株式会社

1. 背景・目的
2. 体制図
3. スコープ図・目標仕様
4. 社会実装へのロードマップ・スケジュール
5. 実証実験の実施内容
6. 実証実験の結果分析
7. 達成仕様
8. まとめ

# 1. 本事業の背景・目的

## 【背景】

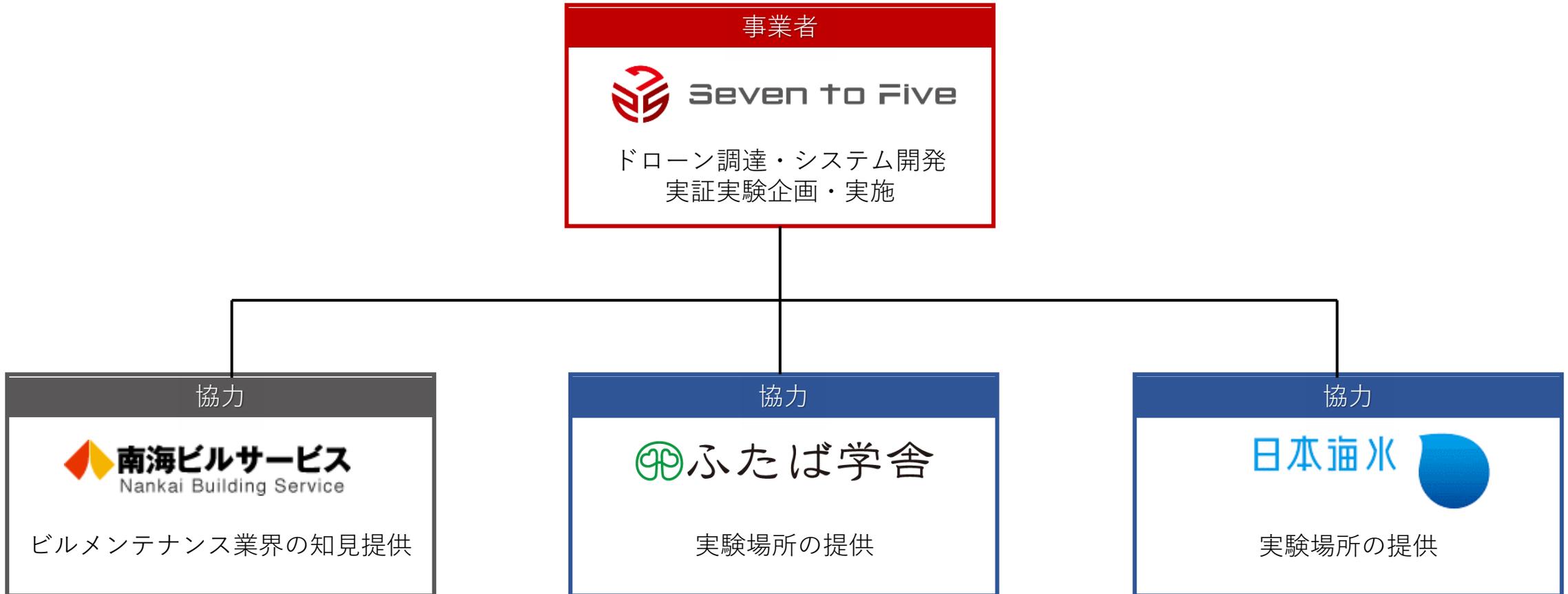
現在、施設管理業界における設備警備・巡回点検業務は、人手不足が深刻化している。この課題に対し、省人化・危険回避のためのロボット導入が模索され、その候補の一つがドローンであるが、導入に向け、多くの技術的な課題が存在する。



## 【目的】

設備警備業務の負荷軽減に向けた**屋内巡回ドローン技術確立**及び、**実用化に向けた業務モデルの検証**

## 2. 実施体制



# 3. 本実証実験のスコープ

## ドローン監視システムで必要とされる技術

### 監視ドローンの基本機能（技術）

ドローンの基本飛行性能

リアルタイム映像伝送

屋内位置情報把握  
(屋内電波を利用)

自動充電

設定したルートでの自動飛行  
※ルート設定のためのソフトウェアはスコープ外

異常を自動検知  
(画像解析技術を利用)

ドローン遠隔操作  
※ネットワーク経由

制御方法の切り替え  
※マニュアル操作／自動飛行

### 応用機能（技術）

ドローン単独での自律飛行  
(SLAMを用いた自己位置推定)

基本機能（技術）の向上  
※より精細な飛行制御／バッテリー性能の向上など

視覚以外の情報収集  
(多様な計測器・センサー搭載)

管理対象設備との連動  
※扉の開閉など

# 3. 本実証実験の目標仕様

## 機能仕様

#	大項目	中項目	確認
1	位置情報	位置情報を取得できる	
2	位置情報	位置情報を地図上に表示できる	
3	自動飛行	設定したルートでの自動飛行ができる	
4	自動飛行	複数のルートを切り替えて飛行ができる	
5	自律飛行	位置情報を基に飛行ルートを補正できる	
6	遠隔操作	ドローンの飛行を遠隔で開始できる。(自動飛行のスタート)	
7	遠隔操作	ドローンを遠隔でマニュアル操縦できる。	
8	遠隔操作	ドローンで撮影している映像を遠隔で見ることができる	
9	暗所対応	暗所でも飛行できる。	
10	暗所対応	赤外線カメラで撮影できる	
11	その他	パレットの傾きが計測できる。	
12	その他	パレットに取り付けたタグから位置を把握できる。	

## 性能仕様

#	項目	目標仕様	コメント
1	飛行時間	20分	Quuppaタグを搭載しての飛行
2	飛行速度 (コースの到達にかかる時間から計算)	1m/s	人が歩く程度の速度を目指す
3	飛行距離 (理論値)	1.2km	
4	動画画質	2K	10m先の対象で約10mmを判別可能
5	赤外線画質	SD	
6	暗所撮影距離	5m	
7	飛行誤差 (飛行ルートの道幅)	±1.0m	
8	必要照度 (暗所での飛行能力)	10Lux	一般的なビジョンポジショニングに必要な照度10Lux

ドローンによる屋内警備を実装するにあたって必要な開発項目のうち今回の実証実験でのスコープ内容。性能仕様については、こちらの仕様が達成できれば、ドローンによる屋内警備の代替が実装できる目安として提示。

# 4. 実証実験から社会実装へのロードマップ

以下のスケジュールで実証試験を行い、成果検証/評価をします。



▶ **施設管理業界の課題を特定**

▶ **実証すべき内容の確定**

⇒実際に施設管理を行っている方の声を聴き、社会にとって意味のある内容を選定する

▶ **システム開発 / テストフライト**

⇒仮想空間を用意し、実務をイメージしてテストを繰り返す

▶ **実証試験本番 (@ふたば学舎 / @日本海水赤穂工場)**

⇒飛行内容の検証 / 問題が無ければ通しでの検証

▶ **本格導入に向けた効果試算 / 改善箇所の洗い出し**

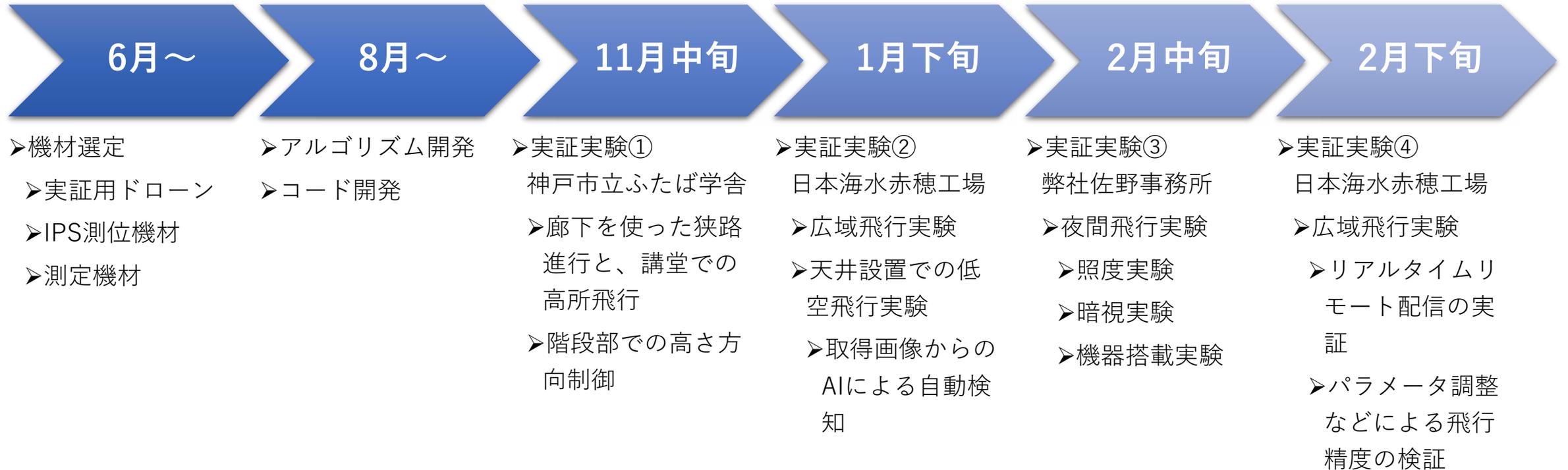
⇒人間が目視で行っている警備業務に代替可能なのか、また、それによる経費削減の可能性の検証し運用に向けて推進するために必要な事項をまとめる

▶ **現場にて実運用可能かの判断**

⇒本案件後、業務に展開できるかを検討し、随時実証試験を行い、他の業界への技術展開へ可能性を広げていく。

現在地

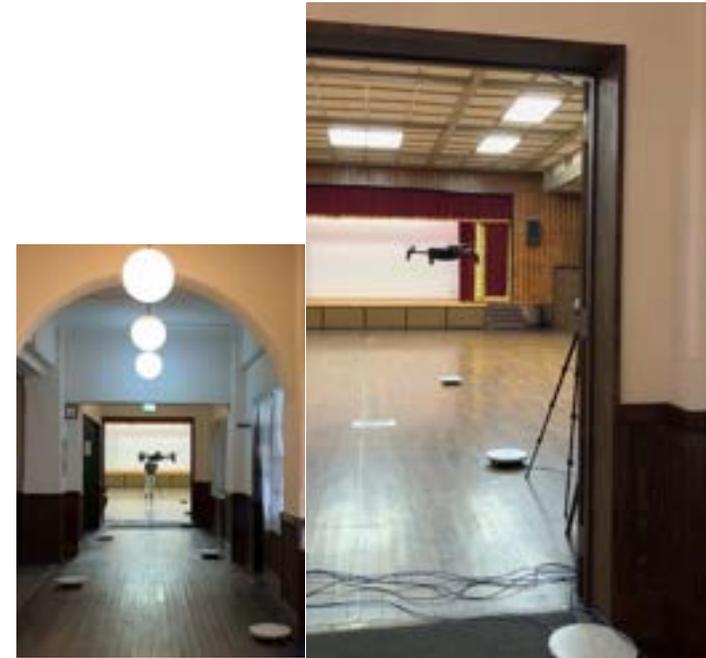
# 4. 実証実験スケジュール



# 5. 実証実験実施内容① 狭隘路飛行、高度飛行

廊下⇒扉⇒講堂 と計20mのコースを飛行し下記内容を検証

- ・ロケータを床面に設置し、幅2.4mの廊下を10m以上飛行できるか
- ・ロケータの設置個数、設置間隔についての実地での確認
- ・高度4mの高さでの位置測位精度、移動や旋回の機体制御ができるか



- ・ロケータを床面に設置しての測位は問題なくできた
- ・現在の理論上の想定安全距離の3mを割る場合には壁に激突してしまう事が出てしまう
- ・高度4mでの測位でも誤差範囲などは変わらず、飛行制御も高度1.5m時と動作は変わらなかった
- ・約20mのコースでの実効速度は約0.1m/sとなった

## 5. 実証実験実施内容② 階段降下飛行

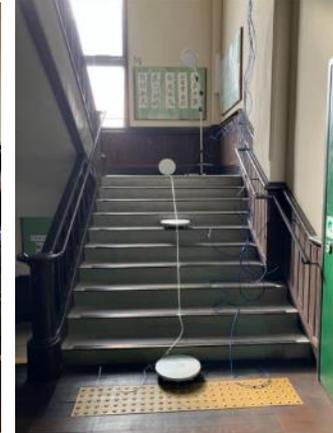
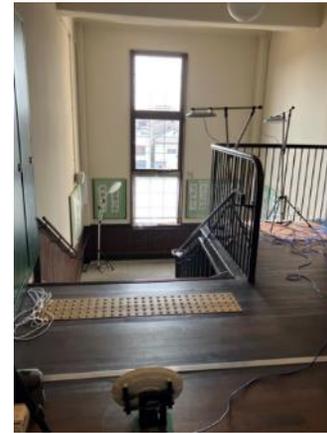
3階階段⇒2階 (幅1.8mの階段部を1フロア分約4m下降)

- ・ **X Y Zの3軸の測位と制御**の精度の検証

階段上を飛行し、一定のポイントで降下し、  
階段を降りきれるかを検証する

- ・ より狭い飛行ルートでの機体動作の検証

**幅2m未満**の通路での機体挙動の確認



- ・ 高さ方向の測位/制御はコース設定上、横幅よりも余裕値が少なく、より細かいパラメータ設定が必要となる。(ポイントへの到達判定の閾値、高度の変動値など)
- ・ 階段のような相対高度が頻繁に変わる場所では機体挙動が不安定になりやすい
- ・ 機体と壁が接近しすぎると機体が壁に吸い寄せられてしまう現象が発生する

## 5. 実証実験実施内容③ 高度広域飛行

3号倉庫 (往復約40mの曲がり角を含んだ飛行ルートを高度5mで飛行)

- ・ 床設置のロケーターから5m以上の高度で飛行しての精度検証
- ・ 高度飛行からの対象倉庫内画像取得範囲の検証
- ・ パラメータ変更による移動速度の検証



- ・ 5mを超える高さでも測位/制御は問題なくできた
- ・ 高い場所からの映像はカメラチルトの角度を調整することで広範囲の映像取得が可能  
(通路の1往復で、撮影範囲の全景を収めることが可能)
- ・ 座標測位に利用する時間を短くすると測位精度が落ちてしまった

## 5. 実証実験実施内容④ 天井設置飛行、AI画像解析検証

7号倉庫内 (往復約4mのルートを高度1mで飛行)

- ・ **高さ4mの天井梁**にロケータを設置しての精度検証
- ・ 自動飛行のドローンで取得した画像を利用した**AI画像解析**  
※荷崩れ防止を目的としたPoC検証を実施
- ・ タグをドローン以外の製品保管パレットに複数設置した状態での測位精度を検証

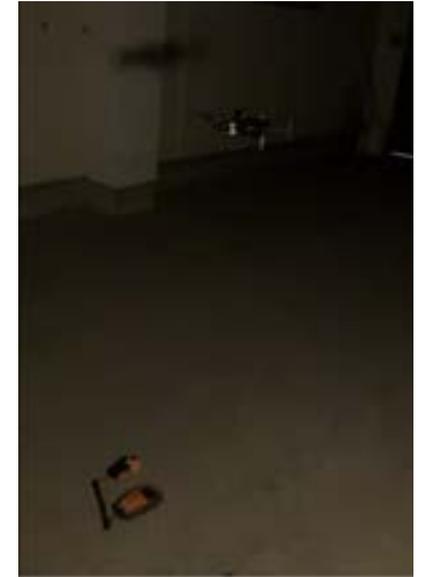


- ・ 初めて天井側にロケータを設置して検証したが、床設置と精度に差はなかった
- ・ 自動飛行で取得した画像を使い、AI画像検知での荷物の倒壊危険性診断を実施  
ダミー検出率は8割以上となり、ドローン取得画像でも問題ないことが確認できた
- ・ ドローン含めてBLEタグを計10個同時に稼働させたが、測位精度には差はなかった

## 5. 実証実験実施内容⑤ 暗所飛行/撮影

ガレージを閉め切り、ホバリング、約3mの飛行などを実施

- ・ 低照度下での機体ホバリング性能検証
- ・ 暗視カメラ搭載時の飛行性能検証
- ・ 暗視カメラ搭載での撮影検証
- ・ 小型LEDライトを搭載しての暗所飛行検証



- ・ 使用機体では3Luxまで安定したホバリングが可能  
(3Luxは上映中の映画館の客席側足元の明かるさ)
- ・ 小型暗視カメラを利用して暗闇の中でも約8mの距離まで対象の撮影ができた
- ・ 0Luxの暗闇の中でも機体にLEDライトを取り付けることで飛行ができた

# 5. 実証実験実施内容⑥ 高度広域飛行、リアルタイム配信

3号倉庫 (往復約40m程度のルートを複数設定し、高度5mを飛行)

- ・ 座標取得の際の**パラメータ変更**での飛行性能の検証
- ・ ロケーター間の**距離を変更**しての検証
- ・ **リアルタイム**での映像の**リモート配信**の検証



- ・ n秒間の座標平均とn秒後の座標で飛行精度を比較したが有意な差はなかった
- ・ ロケーター間の距離を3mから6mへ変更して測位してみたが、ロケーターの測位範囲内であれば測位精度に差は出なかった (ロケーターの密度は測位精度に影響はない)
- ・ リアルタイムでの映像配信は問題なく実施できた、一般的なMtgアプリであるGoogleMeetやTeams、Zoom全てで問題なく確認ができた

実験の内容を動画にまとめましたので、こちらをご覧ください

## 6. 実証実験の結果分析

1. 今回の実証実験で飛行したコース長と要した時間から算出した**実行速度は0.1m/s～0.06m/s**となる。最大では0.2m/sの速度で飛行可能なため、測位の誤差からの迷走が多く発生してしまい飛行時間が多くかかってしまった結果となっている。
2. 「水平方向」の測位からの機体制御はシステム精度の範囲内で修正ができており、**幅3mのコースであれば安定して飛行が可能**。ただし「高さ方向」は精度誤差の範囲と機体自体の挙動の誤差やフェイルセーフなどの影響が大きく、階段の移動などは今後の課題となる。現時点の制御でも吹き抜けなどの大きな開口部を使った上下動であれば問題なく移動可能。
3. 暗所での飛行は**床面照度3Lux**でもIPSでの飛行が可能であることが確認できた。また0Luxの暗闇の中でも機体に小型LEDライトを搭載し床面に照射することで飛行可能であることが確認できた。この事は従来の自動飛行の手法では難しかった暗所での飛行に対する有効なアプローチとなる。

# 7. 達成仕様

## 機能仕様

#	大項目	中項目	確認	コメント
1	位置情報	位置情報を取得できる	○	
2	位置情報	位置情報を地図上に表示できる	○	
3	自動飛行	設定したルートでの自動飛行ができる	○	ルートは個別設定。条件は仕様に記載。
4	自動飛行	複数のルートを切り替えて飛行ができる	○	
5	自律飛行	位置情報を基に飛行ルートを補正できる	○	
6	遠隔操作	ドローンの飛行を遠隔で開始できる。（自動飛行のスタート）	△	制御PCの仮想化により可能
7	遠隔操作	ドローンを遠隔でマニュアル操縦できる。	×	
8	遠隔操作	ドローンで撮影している映像を遠隔で見ることができる	○	ネットワーク経由での映像配信可能
9	暗所対応	暗所でも飛行できる。	○	内容は性能仕様に記載
10	暗所対応	赤外線カメラで撮影できる	○	内容は性能仕様に記載
11	その他	パレットの傾きが計測できる。	○	
12	その他	パレットに取り付けたタグから位置を把握できる。	○	10個までの同時計測を確認

# 7. 達成仕様

## 性能仕様

#	項目	目標仕様	達成仕様	コメント
1	飛行時間	20分	20分	Quuppaタグを搭載しての飛行
2	飛行速度	1m/s	0.2m/s	人が歩く程度の速度を目指す
3	飛行可能距離（理論値）	1.2km	240m	
4	動画画質	2K	4k	10m先の対象で約5mmを判別可能
5	赤外線画質	SD	HD	
6	暗所撮影距離	5m	8m	
7	飛行誤差（飛行ルートの変幅）	1.5m	2.5m	測位精度（半径1m）+ 機体の飛行誤差
8	必要照度（暗所での飛行能力）	10Lux	3Lux	一般的なビジョンポジショニングに必要な照度10Lux

- ・ 今回のプログラムでは測位結果を取得するための待機時間などがあるため、人の歩行速度と同等のスピードを得るためには飛行アルゴリズムを抜本的に見直す必要がある。
- ・ 暗所での飛行能力が検証できたため、今回採用したIPS方式によりVSLAMやアルゴマーカ方式との差別化できるポイントと言える。

## 8. まとめ 今後の展望

今回の実証実験によって、ドローン警備の有効性、発展性は検証できた  
ドローン警備の実装に必要な下記の技術を中心に今後も開発を継続

### ドローン警備の自動化

- 自動給電
- 自動データアップロード

### 飛行精度、速度の改良

- 自動飛行での飛行速度
- 自動飛行時の障害物回避

### その他

- 誰でも操作ができるGUI
- 取得画像からの異常の自動検知
- 割り込み処理などの操作性の向上



# 【補足】コスト試算

○大型商業施設の巡回警備を想定してコストを試算

前提：片道500m、往復1kmの巡回ルートを一時間に一度巡回警備を行う。

天井高は4mとし、ドローンは1mの高さを飛行する



○大型施設の巡回警備には安全上2名以上で対応  
・警備員室に最低1人は配置  
⇒警備員3名の設定

○ドローンで巡回を行う際にも警備員室に1人を  
配置し、映像の監視を行うものとする  
⇒警備員1名＋警備ドローンの設定

警備員にかかるコストは下記の条件で算出  
2019年の警備員平均給与 326万円  
社会保険料などの支出割合 総額の4割と仮定  
会社側年間負担額 約540万円

# 【補足】コスト試算

## 警備員のみ3名体制

警備員費用	3	¥5,400,000	¥16,200,000
-------	---	------------	-------------

## ドローン警備+警備員1名 初期投資費用

	数量	単価	金額
ロケーター	83	¥90,000	¥7,470,000
タグ	1	¥5,900	¥5,900
測位演算用PC	1	¥180,000	¥180,000
ドローン本体	1	¥100,000	¥100,000
合計			¥7,755,900

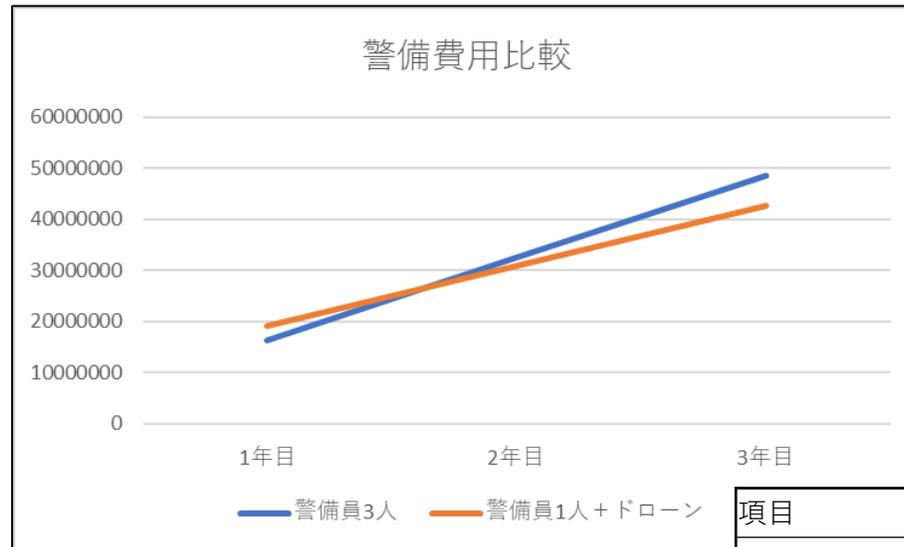
## ランニングコスト (年額)

警備員費用	1	¥5,400,000	¥5,400,000
Quuppaライセンス	83	¥76,000	¥6,308,000
合計 (年額)			¥11,708,000

1年目費用	¥19,463,900
2年目以降費用	¥11,708,000

※設置工賃などは含まない

仮にこのルートでドローン警備を実装したとすると、初期投資こそドローン警備ではかかるものの、ランニングコストが抑えられるために2年目以降はコスト面でドローンが下回る試算となる



項目	要求仕様	現行仕様	備考
飛行速度	1m/s	0.2m/s	人が歩く速度と同等
飛行可能時間	20分	20分	
飛行精度	±1m以内	±1.5m	

ただし、現状の達成仕様では直ちに置き換えとはできないため、右記の要求仕様まで仕様を引き上げるか、複数台での同時運航などの別のアプローチを検討する必要がある。

# 【補足】ドローン警備のメリット

## 高所/危険箇所での飛行

- ◆ 人が行けない場所からの撮影が容易にできる
- ◆ より安全な警備の実現
- ◆ 人では確認の難しい暗所での移動/撮影ができる

## デジタルデータの取得

- ◆ データの保存/検証が容易にできる
- ◆ リモートでの配信が簡単にできる
- ◆ AI画像解析などの処理ができる

## ランニングコストが安価

- ◆ 充電池で駆動するためコストが安い
- ◆ ライセンス費用以外のランニングコストがほとんどかからない
- ◆ 人手の場合に発生する教育費用などもかからない