

物流用ドローンポートシステムの 実用化に向けた課題と対応策(案)

ブルーイノベーション株式会社
国立大学法人 東京大学



1. 実用化に向けた課題と対応策について

物流用ドローンポートシステムの実用化に向けて、システム開発以外にも多数の課題を検討・解決する必要がある。

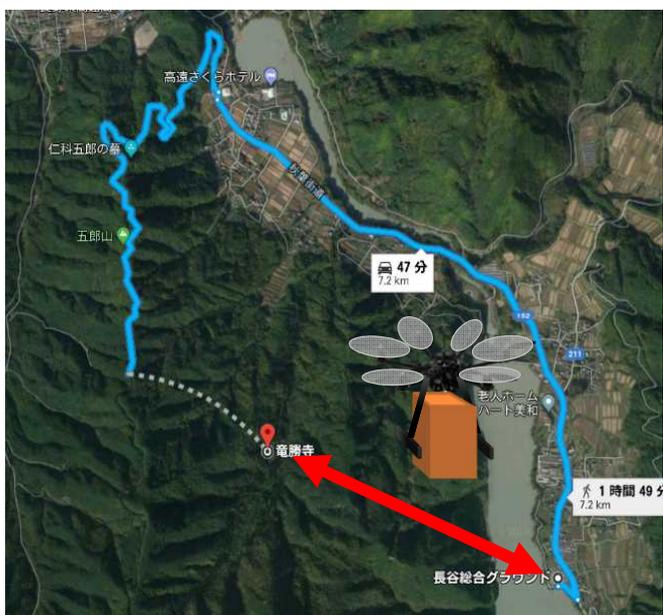
- 設置地域・・・システムの設置シーンについて検討
- 設置・運用者・・・システムの利用者について検討
- 構成・・・システム構成について検討
- 設置方法・・・システムの設置方法について検討
- フェールセーフ・・・発生し得るリスク要因について検討
- 素材・・・ハードウェア部分の素材について検討
- コスト・・・システムの想定販売価格について検討

2-1. 設置地域

■ ドローンが今後目視外飛行ができるようになれば、設置地域としては以下が考えられる。

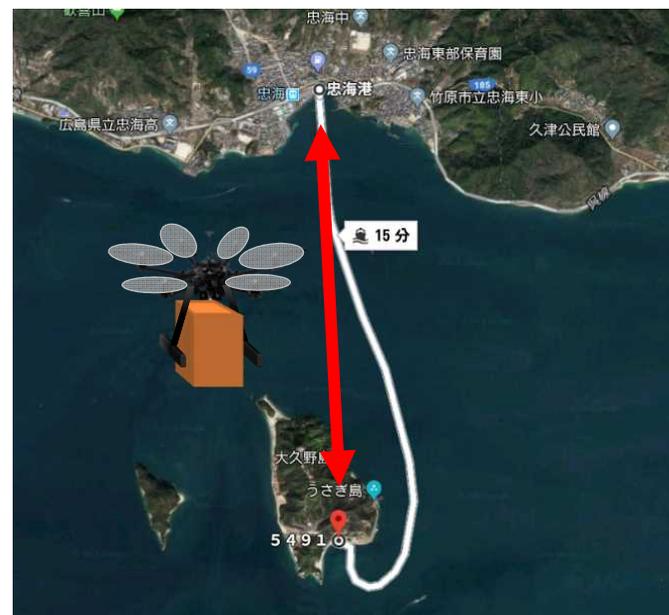
地理状況あるいは交通網状況により配送効率が悪い地域（離島・山岳地帯、湖や川などの横断）
⇒ドローンの導入によって配送時間を短縮し、人件費を削減する事が可能。

①過疎地 例1:山岳地帯



(長野県伊那市 長谷総合グラウンド～竜勝寺)

②過疎地 例2:離島



(広島県竹原市 忠海港～大久野島)

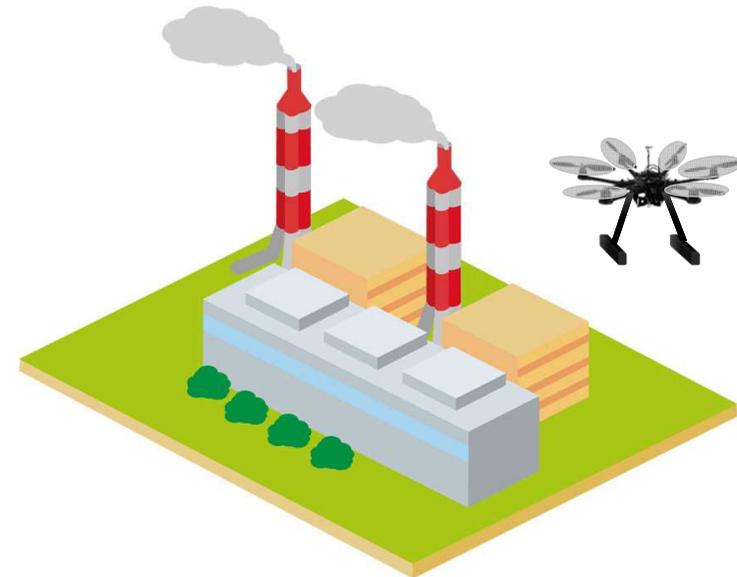
2-2. 設置地域(ご参考:前掲以外の用途)

1. 建築物の状況(高層ビル等)により、輸送時間が多くかかっている地域



⇒非常に便利となるが、目視外飛行LV4が要求されることから、現行の法整備状況では対応する事が難しく、またコンシューマ向けのビジネスとなることから、単価が非常に低くなることが想定され、回転率を如何にあげられるかがカギとなる。

2. 高頻度の監視・点検が必要な工場・設備が存在している地域



⇒私有地であり、かつルートが決まっており、ある程度実現しやすいものと予想。正確な自動離着陸と自動充電、耐久性、カメラワークなどが操業のポイントとなる。

3. 設置・運用者として想定される者



設置・運用者	オープン／クローズド	用途	用途のイメージ
自治体	オープン	広く一般に開放された離発着場	公営の駐車場のような利用方法
警察・消防・病院・自衛隊等	クローズド	災害時などにおける緊急を要する物資輸送	病院等のヘリポートのような利用方法
物流事業者	クローズド	物流事業者による物資輸送	物流センターの駐車場のような利用方法
個人利用者	クローズド	マイドローンによる荷物受け取り	郵便ポストのような利用方法

【ご参考:その他の用途での想定顧客】

設置・運用者	オープン／クローズド	用途	用途のイメージ
警備会社・インフラ会社・製造メーカー等	クローズド	監視・設備等点検	見回りロボットの自動充電設備のような利用方法
EVステーション運営者	オープン	機体の充電・整備	充電スタンドのような利用方法

※ オープンは誰でも使用可能、クローズドは限られた利用者のみ使用可能

4. ドローンポートシステムの構成

将来的にも構成は大きく変わらないと想定されるが、より一体化・簡略化を進めていき部品点数を減らしていく予定。また、必要に応じて各種センサーや柵などオプションパーツは増やしていけるとよい。

機器名	現在の構成の内容	現在の構成の課題	対応策（例）
ドローンポートモジュール	<ul style="list-style-type: none"> ・フライトコントローラーとの位置情報とのやりとり ・カメラで読み取った情報の処理・変換 ・ドローンポートPCとの通信 	モジュール化され汎用化されたのはよいが、モジュールを別途装着する事で機体重量が増える事に加え、カメラの画角について搭載の度に調整が必要	ドローンポートモジュールの仕様が標準化され、機体に初期搭載される
ドローンポートPC	<ul style="list-style-type: none"> ・リアルタイム風速・第三者侵入を監視 ・ポート状況(映像)を統合管理システムに送信 ・離着陸可否を判断し統合管理システムで表示 	現在は通常のノートパソコンを接続しているだけであり、雨天時などは雨水から保護できない。	ドローンポートハードウェアと一体化する(ハードウェア内に組み込む)又は可搬式のポートの場合は携帯端末で代替できるようにする
ドローンポートハードウェア	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン着陸時の台座(水平を保持、着陸の荷重に耐えるなど) 	特になし	特になし
統合管理システム操作・閲覧用PC	<ul style="list-style-type: none"> ・利用可能なポートを表示、飛行計画などの利用情報を入力可能 	別個のPCを用意する必然性はない	携帯端末でも確認可能になれば、据え置き型のPCは不要
ドローンポートマーカー	<ul style="list-style-type: none"> ・位置補正情報がマーカー内に描写してあり、ドローンポートモジュールのカメラでマーカーを認識する 	マーカーの図柄は印刷されている為マーカーのアルゴリズム改良などがあつた場合に印刷し直す必要がある	ドローンポートハードウェア上面にディスプレイを設置し、マーカー図柄を投影する
その他（センサー類等）	<ul style="list-style-type: none"> ・侵入検知センサー ・風速計 ・Webカメラ 	ポートに接続可能なパーツ類が限定されている為、ラインナップを充実させる必要がある。	自動充電機構や荷物の自動格納機構、侵入者対策用の柵（電子認証つき）など

5-1. 設置方法①

■ 常設(固定式)ドローンポートの設置手順

① 台座の4つのフレームを、3m×3mになるように並べる

② アジャスターを調節し、台座を水平にする

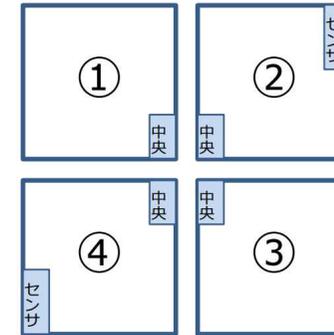
③ 台座の上にマーカースタンプを固定する

④ 侵入検知用センサー2つを台座の隅に対角線上になるように固定する

⑤ 風速計を台座の周囲2mから3mの場所に設置する

⑥ ポートPCを台座の周囲2mから3mの場所に設置する

⑦ ポートPCに風速計と侵入検知センサーを接続する



接続



ポート
PC

5-2. 設置方法②

■ 臨時(可搬式)ドローンポートの設置手順

① マーカーを地面に固定する

② 侵入検知用センサー2つをマーカーの隅に対角線上になるように固定する

③ 風速計をマーカーの周囲2mから3mの場所に設置する

④ ポートPCを台座の周囲2mから3mの場所に設置する

⑤ ポートPCに風速計と侵入検知センサーを接続する



5-3. 設置方法③

製品化の為の課題と対応策の例

課題	対応策（例）
台座の水平調整に手間がかかる	足の長さの調節を電動式にする
地面が固い場所でないと設置できない	足を着脱式にし、場所によっては地面に打ち込む形とする
マーカ―及び侵入検知センサーの固定ができない	マーカ―の裏に分割式の薄いパネルを貼り、センサーの固定穴を用意
台座の水平調整ができない	パネルの下に取り外し可能な高さ調整用の足を設置
放熱の為の手当てがとられていない	ポートPC付近には放熱用のファンを設置
場所をとる（サイズが大きい）	カメラの画素数及びフレームレートをあげる
ある程度水平な場所でないと設置ができない	傾斜地専用の調節幅の大きい足を取付

6. フェールセーフ

フェーズ	想定されるリスク	起因箇所	フェールセーフ（案）
飛行前	電波強度が弱く統合管理システムに接続できない	通信装置	常に通信装置（無線LANなど）を複数個用意しておく
	ドローンポートが統合管理システム上で認識されない	通信装置	常に通信装置（無線LANなど）を複数個用意しておく
	モジュールの電源が入らない	モジュール用バッテリー	常に予備用のモジュール用バッテリーを複数個用意しておく
		モジュール用PC	常に予備用のモジュール用PCを複数個用意しておく
	テスト用マーカ―を認識できない	モジュール用カメラ	常に予備用のモジュール用カメラを複数個用意しておく
		FC	FCとの接続がうまくいかない場合は機体メーカーに相談しつつ、必要に応じてシステムの利用を中止する
	侵入検知センサーが作動しない	侵入検知センサー	常に予備の侵入検知センサーを用意しておく
風速計が作動しない	風速計	常に予備の風速計を用意しておく	
着陸時	マーカ―着陸システムが作動しない	モジュール／FCとの接続など	手動モードに切り替えて、手動で着陸させる。また、着陸モードに入ってもマーカ―着陸システムが作動しない場合は、統合管理システム上で警告を出すなどの手当てを講じる必要がある。
	侵入検知センサー作動しない	侵入検知センサー	Webカメラでポートの状況を目視確認し、人や物の立ち入りが認められる場合は手動モードに切り替えて、手動で着陸させる。
	風速計が作動しない	風速計	明らかに強風であると認められる場合は、手動モードに切り替えて、手動で着陸させる。現場の運航管理者に判断を仰ぐ。

7-1. 素材①

部品名	素材	備考
台座	フレーム：アルミ製	<ul style="list-style-type: none">・分解フレームサイズ（1個）：150cm×150cm×30cm ... 4個・フレーム重量（1個）：約40kg・完成重量（一式）：約180kg
マーカー	タイベック製（高い防水性あり）	<ul style="list-style-type: none">・反射防止のためツヤ消し塗料を塗布・大きさ：3m×3m



ポート完成図



マーカー取り付け箇所



侵入検知センサー取り付け箇所

現在は常設型のみでの想定の為、重量が非常に重く可搬性が低い。可搬式も見据えて、台座の軽量化が求められる。また、自動着陸精度が上がれば台座のサイズ自体も小型化が可能になり、全体の重量も抑えられる。

7-2. 素材②

素材検討比較

分類	素材	重量	対候性	耐久性	対錆性	コスト
台座	アルミ	○	○	×	○	○
	鉄	×	△	○	×	○
	ステンレス	×	○	○	○	×
	FRP	○	○	○	○	△
マーカー	タイベック	△	○	○	○	△
	ビニール	○	○	×	○	○
	紙	×	×	×	○	○
	布	○	×	×	○	○
	プラスチック	○	○	△	○	△

今回のプロトタイプ制作では、ある程度の対候性や重量なども意識しつつも、コストを重視した設計とした。

7-3. 素材③

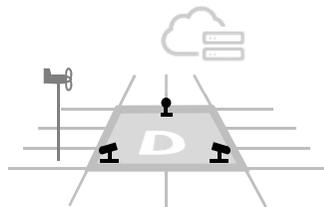
製品化の為の課題と対応策の例

課題	対応策（例）
耐荷重性が不十分	天板を厚くする
重量が重い	アルミ材からFRP材に変更（重量約半減）する。また、カメラの性能をアップさせる事で、サイズ自体をより小さくできる可能性があり、それによっても重量低減が可能。
素材コストが高い	量産化（成型の為の型が高い為、ロットを増やして1台あたりの型台を低減させる）
耐久性（継続的着陸による変形等への対応等）	加速劣化試験や反復試験など製品化に向けた各種試験を実施する
可搬式ポート用の台座の設計	マーカーだけでは侵入検知センサーの固定が出来ない事に加え、ドローンの着陸時の風圧でマーカーがめくれてしまい、ドローンポートとしての役割を果たさない為、折り畳み・持ち運び可能な可搬式用台座の設計を行う必要がある。
反射の抑制が不十分	素材及び塗料の更なる研究を行う
機体や荷物の落下時の衝撃吸収性がない	台座の天板またはマーカー部分に衝撃吸収性のある素材を用いる

8. コスト(顧客への提供価格)

現状は特注の為、製作原価が非常に高い。ただし、今後普及が見込まれることにより量産体制を敷いた場合、価格は現行の2分の1程度まで下げられる可能性がある。また、自動充電を搭載、ドローンポートPC内蔵型などハイエンドモデルも想定した。

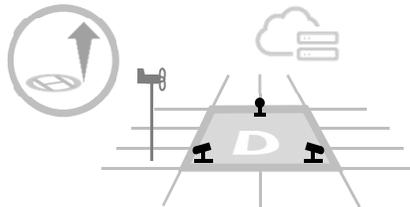
試作ポート(現行)



【機能】

- マーカー自動着陸機能
- 侵入検知機能
- 風速計測機能
- 機体接続用モジュール
- 統合管理システム
- ドローンポートPC

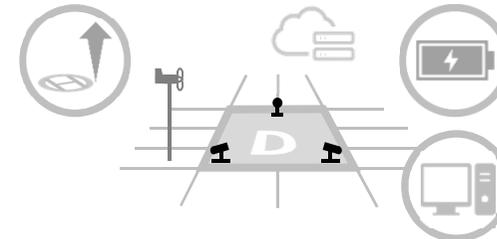
製品版ポート(量産版)



【機能】

- 試作ポートの全機能
- 耐久性向上(法定耐用年数5年での償却想定)

製品版ポート(自動充電)



【機能】

- 試作ポートの全機能
- 自動充電機能
- 耐久性向上(法定耐用年数5年での償却想定)
- ドローンポートPC一体型