

2024年度 愛知県「物流ドローン社会実装モデル推進事業」

愛知県新城市で実施したドローン物流実証実験「河川上空を航路とした複数目的地配送」

ドローン物流における「山間地モデル」

先行導入事例

ドローン物流は、近年注目を集めている新しい物流技術であり、特に離島や山間部などの輸送手段が限られている地域において、その利便性が高く評価されています。

ドローン物流は、従来の輸送手段と比較して、以下の様なメリットがあります。

- ・輸送時間の大幅な短縮（直線ルートを移動する・渋滞がない等）
- ・輸送コストの削減（将来的に自動で配送が出来ることが想定されるため）
- ・危険な場所での作業の代替
- ・環境負荷の低減

ドローン物流は、これらのメリットにより、物流業界に革新をもたらすと期待されています。

本資料では、山間地におけるドローン物流の実証実験の結果を基に、その課題と解決策を検討し、**山間地モデル**として公開しています。本資料が、ドローン物流の導入を検討されている多くの事業者の皆様にとって、少しでもお役に立てれば幸いです。

【注記】

本資料は、2024年度に愛知県新城市で実施した実証実験「河川上空を航路とした複数目的地配送」（以後、2024年度新城市ドローン物流実証実験と表記）実証実験の結果に基づいて作成されています。

実証実験は、特定の条件下で行われたものであり、その結果がすべての状況に当てはまるとは限りません。

また、本資料に記載されている機材、ルート、運搬物などは、実証実験で使用されたものに基づいており、実際の運用においては、それぞれの状況に合わせて変更する必要がある場合があります。

本資料をあくまでも参考資料としてご活用いただき、実際の運用にあたっては、それぞれの状況に合わせて判断する必要があることをご理解ください。

先行導入事例の背景	4
山間地における物流の課題及びドローンの提供価値	5
山間地モデルのフロー	6
山間地モデルのオペレーション	7
山間地モデルのオペレーション分解	8
事前準備（１）飛行ルート決定	9
事前準備（２）離着陸場所決定	12
事前準備（３）配送物の決定	14
事前準備（４）使用機材の準備	16
事前準備（５）調整先	18
オペレーションの設計（１）全体像	19
オペレーションの設計（２）受発注	20
オペレーションの設計（３）集荷	22
オペレーションの設計（４）配送・飛行	24
オペレーションの設計（５）受渡	28
体制	29
コスト試算	31
採算を取るための仕組み	34

分野	2024年度～	2026年度ローンチモデルの実現
物流	ローンチモデルの実現に向けた ①サービス提供体制構築 ②環境整備等を推進	物流 河川流域や本州離島間を航路とした高ペイロード物流ドローンによる物流サービス
人流		人流 限定されたエリアでの空飛ぶクルマによる遊覧飛行
災害対応		災害対応 災害時：デジタルマップを活用した被災地の情報収集 平時：デジタルマップを活用した各種サービス（インフラ点検等）を実施

【ドローン物流の早期社会実装】

- ・ あいちモビリティイノベーションプロジェクトにおいて、2026年度頃を目途としたドローンを活用した物流サービスの早期社会実装を目指している。
- ・ 物流に関わる課題に対してドローンの活用により課題解決が期待されるエリアとして、山間地が有望エリアのひとつであり、ドローン物流の山間地モデルの策定が有意義であると考えられる。

	物流に関わる課題（例）	ドローン物流に関わる特性	早期実装の実現性
離島	・ 物流手段が船舶に限定されているため、他手段によるリスクヘッジが求められる ・ 人口減少、高齢化が深刻化している	・ 人口集中地区(DID地区)がない、または極小 ・ 航路が海の上空となり、安全性が高い ・ 各地で実証実験が盛んに実施されている	◎
山間地	・ 物流拠点から遠く、配送コストが高い ・ 道路の整備状況が比較的悪い、または迂回路がない場合がある ・ 人口減少、高齢化が深刻化している	・ 人口集中地区(DID地区)がない、または極小 ・ 河川付近に人口が偏っているため、安全性が高い河川上空を航路にしやすい ・ 道路寸断等による災害対応へのニーズがある ・ 各地で実証実験が盛んに実施されている	◎
田園	・ 農業従事者の担い手不足や高齢化等により、輸送負担が拡大している ・ 鮮度が高い状態で輸送できる地域が限られている	・ 人口集中地区(DID地区)がない、または極小 ・ 山間地の田園を除き、道路は整備されている ・ 需要が農産品に限定されやすい	○
住宅地	・ ネット販売拡大による配送先および配送頻度が増加している ・ 再配達による配送負担が大きい	・ 人口集中地区(DID地区)の範囲が広い ・ 陸路の交通が充実している ・ 第三者上空飛行を避けられず、法律面での制約が大きい	△
都市	・ 交通渋滞が発生しやすい ・ 高層住宅等への配送負担が大きい	・ 人口集中地区(DID地区)の範囲が広い ・ 陸路の交通が充実している ・ 第三者上空飛行を避けられず、法律面での制約が大きい	△

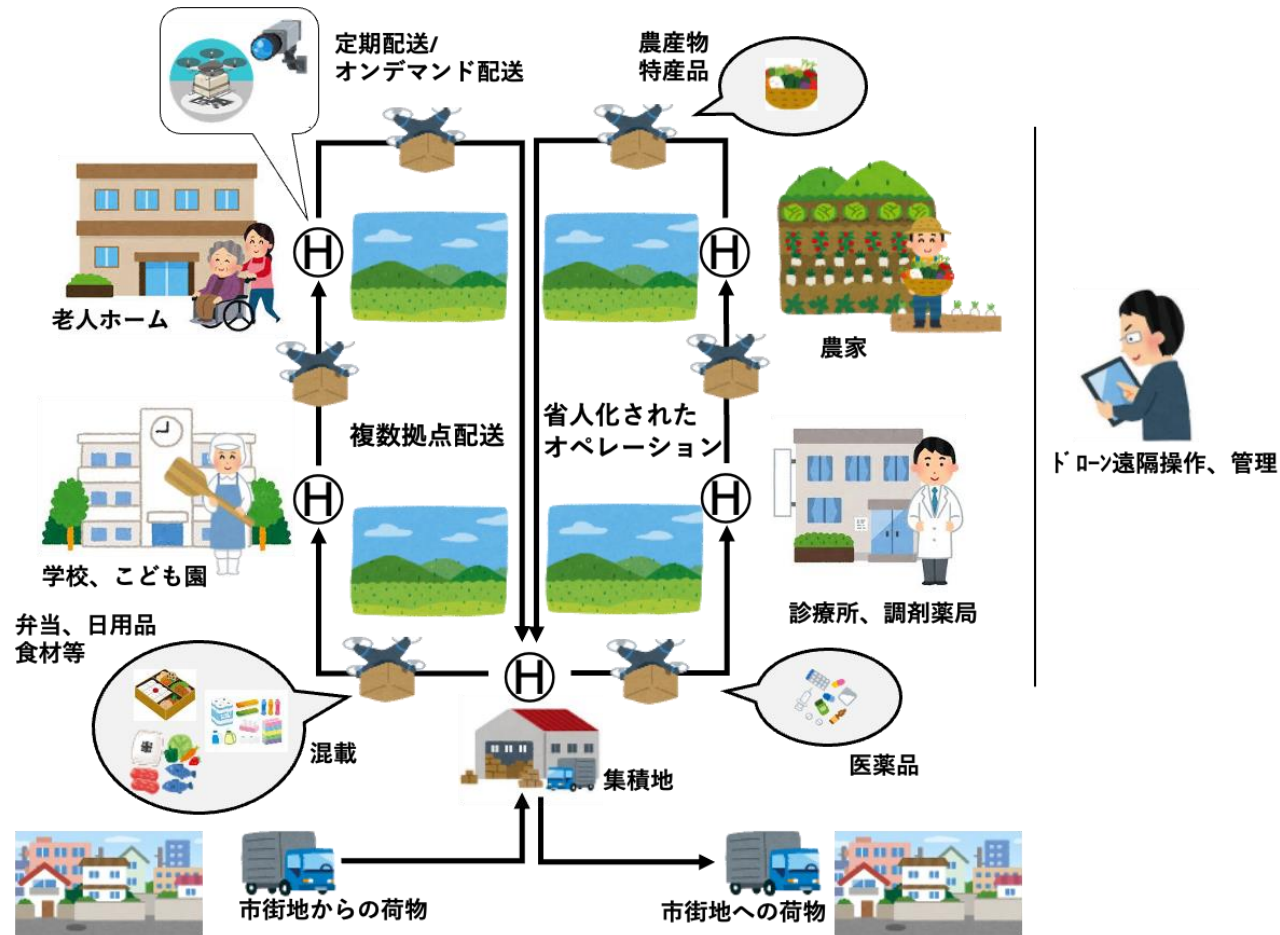
【山間地における物流の課題】

- 配送拠点から離れている一部の地域では、リソース不足で展開できていない宅配サービスがある。
- 住民は日用品やその他の買い物のために自家用車やバスで片道数十分の距離を往復する必要がある。
- 市街地から離れた山間地では、配送不採算地域が存在する。
- 豪雨や地震などによる道路遮断が発生した場合には、陸路での物資支援が困難となり、民家が孤立する可能性がある。



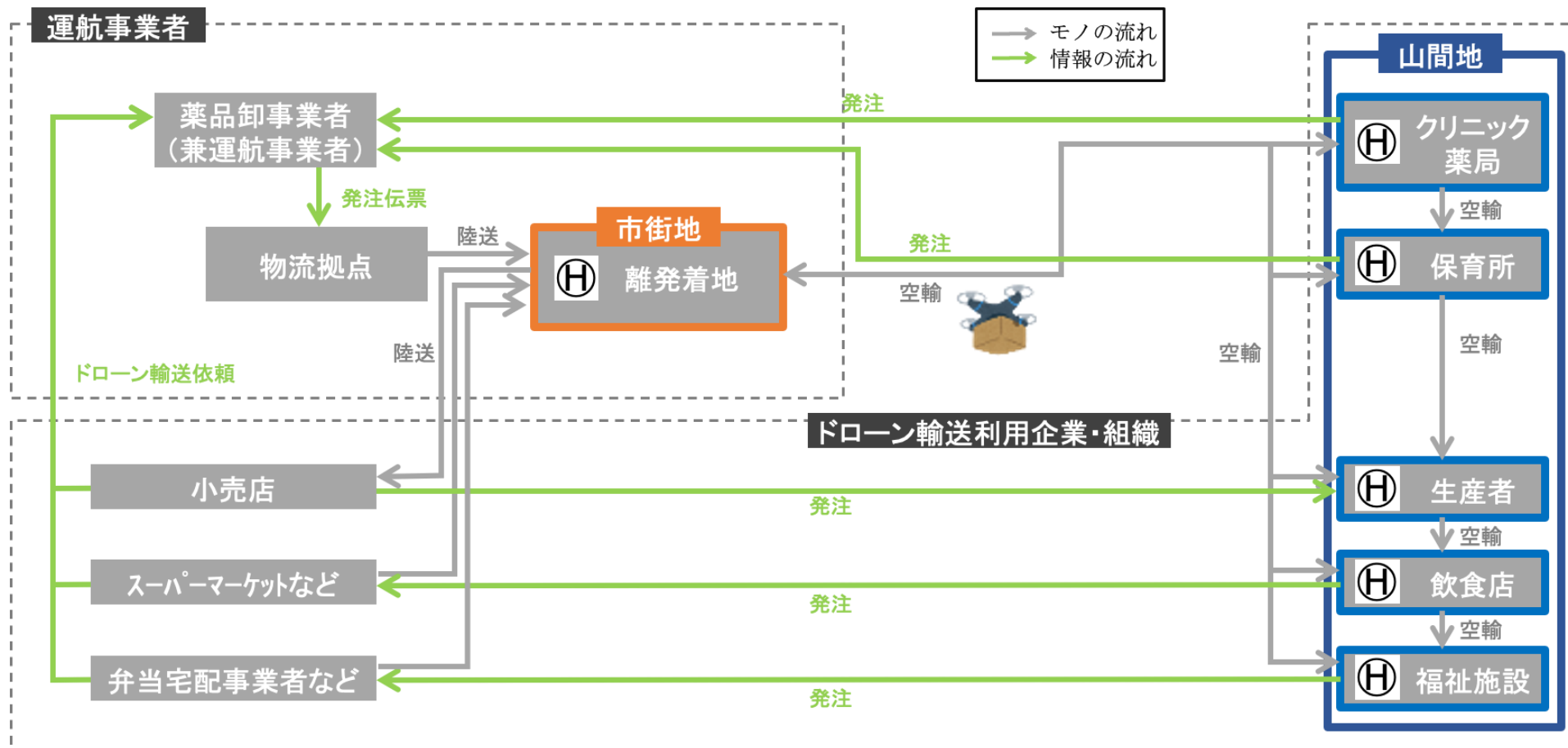
【ドローン物流の提供価値】

- **配送不採算地域や配送非対応地域の解消**
 - － 配送するための時間や費用が高く不採算な山間地の目的地でも、採算性が改善される可能性がある。
 - － ニーズがあっても配送の対応ができていない地域への配送が可能になる。
- **買い物や出荷の不便さの解消**
 - － 住民が市街地に行かずとも、市街地の商品や必需品等を入手しやすい環境が整う可能性がある。
 - － 山間地の農産物や加工品を市街地に出荷する場合、車での往復移動の手間を減らすことができる。
- **自然災害時の救助活動**
 - － 平常時にドローン運用がなされていれば、自然災害時に道路寸断が発生した場合にも緊急物資の輸送や救援活動の迅速化が図れる可能性がある。



市街地と山間地の間をドローンで結ぶ物流モデルのフローを示す。

- ・市街地側、山間地側それぞれにドローン配送の離発着地を設置する。
- ・市街地側の荷主事業者や小売店の品物をドローンで山間地側に輸送する。反対に、山間地側で生産した加工品等をドローンで市街地側に輸送する。なお、ドローン離発着地と配送先の移動は品物の荷主、荷受が担う。
- ・発注内容(種類、重量等)と配送ルート効率性によって、混載による配送も行う。
- ・ドローンの離発着場に監視・環境観測装置などを配置し、ドローンの操作・管理を遠隔化すること等により、省人化や運用コスト削減を図る。

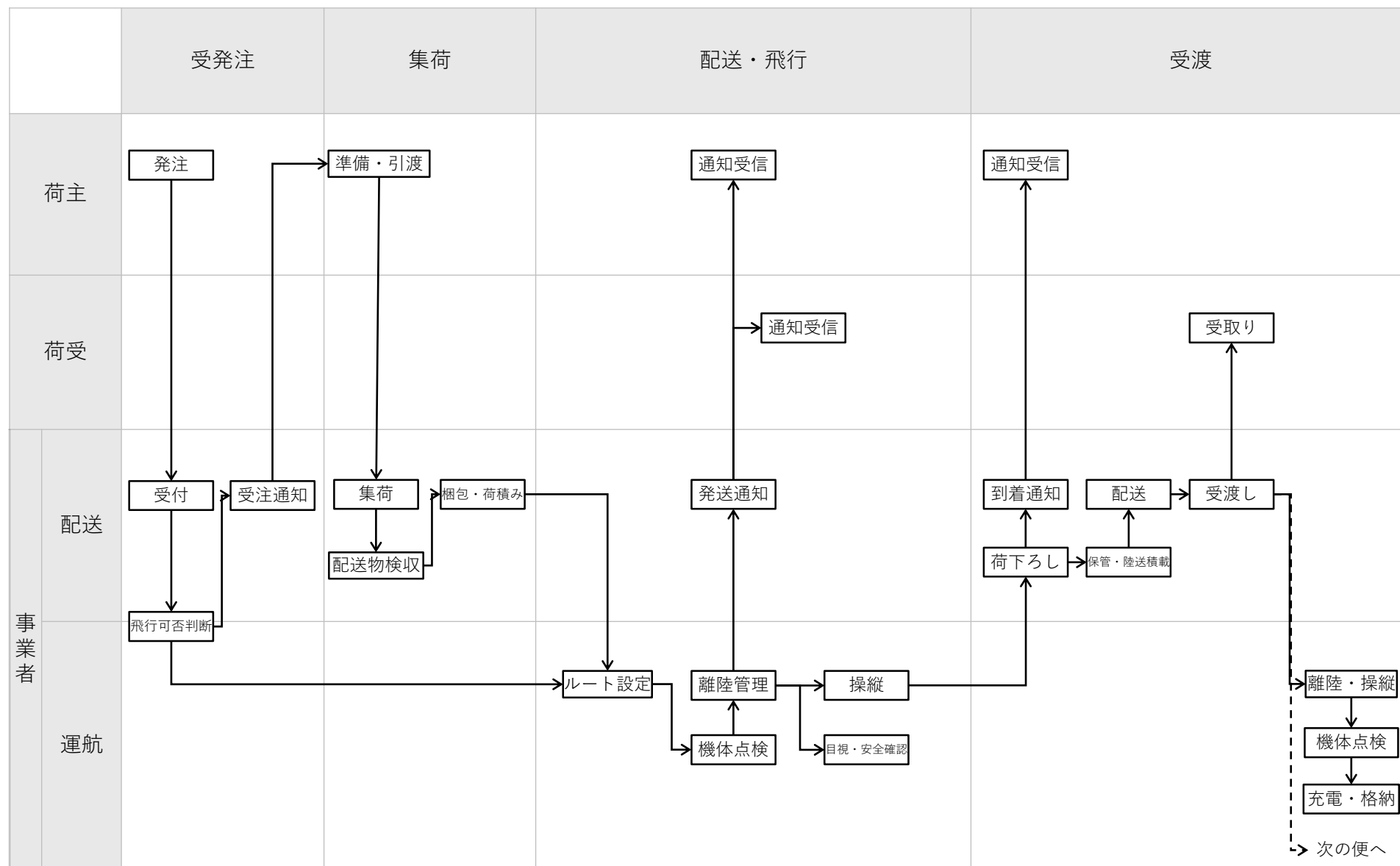


山間地モデルのフローに沿って、各場所のオペレーションと関係性を示す。

- 市街地側と山間地側のドローン離発着地には物流拠点（保管所）を適宜設置する。
- 荷主が離発着地に持ち込んだ品物をドローン運航事業者が受け取り、ドローンによって空輸させる。
- ドローンで運ばれた品物は離着陸場所で荷受人に引き渡し、納品対応を行う。
- 一連の配送オペレーションは事前の取り決め、商品発注と配送依頼を荷主、荷受、運航事業者で連携しながら実現する。

山間地モデルのオペレーション分解

8



【 2024年度新城市ドローン物流実証実験における飛行ルート】

離着陸 場所	山間地	① 副川大貝津付近 ② 玖老勢新井付近 ③ 玖老勢便福付近 ④ 只持大筋付近
	市街地	⑤ 有海作神付近



【飛行ルート選定のポイント ※レベル3.5飛行の場合】

項目	ポイント
距離	最大積載時の飛行可能距離内で収まるように設定する。
地形（高度分布）	山、丘など高低差を調査し安定して飛行できることを考慮したうえで、エネルギー消費に注意して無理のない経路を設定する。
送電線などの位置	送電線の高度を把握し、30m以上の離隔を確保した経路設定をする。
人の集まる施設の位置	学校や大規模商業施設、住宅の多いエリアを調べ、それらを回避できるルートを設定する。
空港など航空法上の要注意施設	DID地区や空港近傍の飛行禁止区域を把握し飛行可能なルートを設定する。
道路などとの交差	建物、車両、船舶等の屋外での人の活動が想定されるエリアを回避する（乗り物や建物で覆われていればレベル3.5飛行が可能）。
電波状況	現地で飛行ルートの電波調査を行い、ドローンの飛行に必要な電波を受信できるルートをとる。

【2024年度新城市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
飛行経路の中に電波が弱いエリアがあり、飛行における障害がないか監視するために、熟練者が随伴する必要が生じた。	現地状況を早期の段階で実際に確認し、環境条件を整理して飛行ルートを設定する。それでもなお、電波状況が改善しない場合は使用する電波や飛行ルートの再検討が必要となる。
複数箇所への配送物の配送を行うことを目指したが、重量と距離の関係からバッテリーの交換拠点を設けた。	省人化のためには目的地へのダイレクトな到達が必須であり、バッテリー性能の向上による積載量向上が必要となる。
山地を超えることで飛行ルートを縮めることを検討したが土地所有者が不明であり、安全性の観点で河川上空飛行を基本とした。	レベル3.5では土地所有者との調整は不要であり、ルート設定は可能であるが、社会の受容性を考慮し、必要に応じて地権者、関係者との調整をすることが望ましい。
想定する飛行ルート上に鉄塔電線を横断する箇所が複数箇所あり、30m以上の離隔を取ったルートを設定する必要があった。事前に電力会社と調整し、正確な電線の高さ情報から飛行ルートを設定した。	鉄塔電線が飛行ルートにかかる場合には、特に飛行高度に注意する必要がある。予め電力会社と飛行ルートの調整を行い、安全かつ消費電力の効率が良いルートを選定することが重要である。
天候不順、特に強風による欠航を余儀なくされる日もあり、車両への配送の切り替えや別日への日延などもあった。	ドローンの耐風、耐雨能力の増強が求められる。

【新城市実証の離着陸場所】

市街地側



山間地側の例



【離着陸場所選定のポイント】

項目	ポイント
広さ	離着陸時の安全確保のため、機体によるが10m四方程度以上の広さのあるところが望ましい。
傾斜	離着陸時の安定した挙動のため、できるだけ水平なところが望ましい。
地面の状況	離着陸時の安定した挙動のため、舗装面など機体が安定する固い地面がよいが、ある程度の固さがあり水捌けがよければ土の地面などでもよい。
電波状況	使用を想定している電波の取得状況が安定しているところが望ましい。
電源	バッテリーの充電、離発着場設備などの使用のため100V電源が必要（実証実験時は発電機を使用した）。
通行量	ドローンに近づいたり不測の行動によるトラブルを回避するため、なるべく少ない方が望ましい。
立入制限管理	人が近づかないように柵などで周辺を囲う。
その他	見晴らしがよく離着陸時に周辺状況を確認できるとよい。

【2024年度新都市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
実証実験では離着陸場にスタッフを配置したが、省人化を目指したスキームでは現場に人が常駐しないことが理想であり、安全上、防犯上の配慮を行う必要がある。	柵などの立ち入り制限が可能な恒常的に使用できる離着陸場所を確保する、または設置するとよい。
ドローンの実機を持ち込んで計測してみるとGPSなどが十分に取得できない、電波が安定しないなどの問題が出ることがある。	離着陸場所の選定の時点で、実働に近い状況で電波などの状況を計測し確認してから決定することが有効である。
少なくともドローンの離発着とその前後では、安全のため離発着時に第三者の立ち入りや障害物がない状況を確保できる離発着地を選定する必要がある。	遊休地を持つ地権者との調整や交渉により、ドローンが安全に離発着できる離着陸地を確保が必要となる。場合によっては、土地の借り上げを検討する。

【新城市実証における配送物】

弁当	文房具類	食材	タレ（山間地産物）	医薬品
				



配送ニーズ、配送課題を抱えている品物を調査したうえで、下記ポイントに注意して選定する。

【配送物選定のポイント】

項目	ポイント
重量	配送の距離とトレードオフの関係がある（今回実証実験では距離約10kmで上限2kgに設定した）。
容積、長さ	ドローンに搭載する物流ボックスに入る大きさにする。
乾湿、臭気	湿ったものは水気が漏出しないように、また臭気のあるものは外に匂いが漏出しないように対処して物流ボックスに収める。
冷蔵品	弁当などの冷蔵品は保冷剤とともに梱包し、冷蔵された状態を保つ。
要配慮	医薬品については「ドローンによる医薬品配送に関するガイドライン」を参考にする。 保冷品、第三種向精神薬、劇物等の配送についてはその特殊性から配送不可品になる可能性に留意して選定する。
配送品の例	- 山間地の生活者向けに販売される日用品や食料品 - 山間地の生活者により消費される弁当 - 施設で使用される日用品や食料品 - 山間地の診療所・薬局で使用する医療品 - 山間地で生産された産物

【2024年度新城市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
ドローンの積載重量の関係で、依頼主が希望するすべての品物を一度に運ぶことができず、一部だけを輸送するケースがあった。	積載重量が大きいドローンを選択する、エネルギー効率の良い飛行ルートを選択するとよい。
スムーズな配送のためには、配送先の営業時間や休憩時間に合わせてドローンを運航する必要があった。そのためには、事前の飛行連絡や配送枠の固定などの制限が生じる可能性がある。	受取用ボックスや保管所を用いて受取時間の自由度を確保する、または通知機能や連絡機能を持ったシステムを介し、ドローン運航者と荷主、荷受が相互連絡可能な環境を構築できるとよい。
食材については、後払い等の金銭授受方法の確立や、生鮮品を保管する場合の賞味期限や購入者による目利きの難しさを解決する必要があり、配送検証の実施に至らなかった。	ドローン配送に適した金銭授受方法の設定と関係者理解、配送可能商品を絞ってメニュー化することで納得感のある受発注に繋がれるとよい。
医薬品に関する規制、セキュリティ確保を理由に医薬品と他の配送物を同梱して積載した際は、医薬品を優先的に配送するルール作りを行った。	輸送条件に配慮が必要な物品の洗い出しを事前に行うとよい。特に医薬品については温度管理、セキュリティ、トレーサビリティ、保管条件、業許可、BCP、医薬品の適正流通ガイドライン等を考慮して配送設計をする必要がある。
複数の荷主による複数目的地への配送を検証したが、実際には空荷になる飛行があった。特に山間地→市街地への飛行時では空荷が多かった。	配送可能重量の超過や配送スケジュールの不一致、要冷蔵や受取順の指定などの配送物ごとに異なる性質に起因する課題に対応するため、積載重量が大きいドローンの活用、混載対応可能品の条件設定等を検討する必要がある。

【使用機材】

・ ドローン機体（PD6B-Type3）



大きさ：2,181mm×2,398mm

重量：15kg（バッテリー別）

※物流ボックス（30cm×40cm×30cm）を搭載可能

※羽をたたむとワンボックスカーに搭載可能な大きさ

・ GCS



- ・ ルート設定の支援や離着陸や飛行時の操作の自動化を行うことで作業の安定性と省人化を推進することが可能。
- ・ 飛行ルートを設定し離陸から着陸までドローン機体の動きをプログラムにより制御。

・ 環境測位装置



※タブレット、PC画面

- ・ 人による現場監視を省人化するための設備として必要度の高い設備
- ・ カメラやセンサーなどで障害物の有無、風向、風力、降雨等を監視
- ・ 機器を動作させるための電源（バッテリーなど）も必要。
- ・ タブレットやPCで、環境測位装置から取得した情報をリアルタイムで確認可能。

・ 医薬品ボックス



- ・ ドローンで配送する医薬品を入れるための丈夫な布製の鍵付きボックス。
- ・ 鍵をドローン運航者と荷主・荷受のみが所持することで、セキュリティを確保する。
- ・ 鍵をした状態で物流ボックスに入れて配送する。

【2024年度新城市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
GCSに関するマニュアル化や事前のレクチャーにより、GCSを使用したことがなかったドローン操縦士でもGCSの操作による運航を行うことができた。	適切な指導と経験を積むことで、一般的なドローン操縦士のみでGCSを活用した自動航行のドローン配送の運用を完結させられることが期待できる。
離着陸場に周辺の障害物、風、降雨等をリアルタイムに観測できる環境測位装置を設置することで、ドローン運航者が飛行可否判断を実施する判断材料とできた。	離着陸場の周辺状況を装置によりリアルタイムに確認することで、スタッフを削減することが期待される。

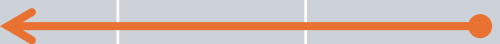
【調整リスト】

調整内容	調整先
飛行計画、飛行申請	航空局、各地方航空局
機体運航	機体メーカー、ドローンパイロット（機材や操作の専門家）
河川上空の飛行	関係する地方自治体 ／ （河川管理組織）
送電線（送電線を越える必要に応じ）	電力会社
配送物の調整 荷主事業者との調整	荷主事業者（卸、小売、サービスなどの事業者）
離着陸場の調整 市街地側 ／ 山間地側	地方自治体／ 地域密着企業 ／ その他土地管理関係者や土地所有者
配送物のニーズ調査	地方自治体の振興課など ／ 住民 ／ 地域事業者
医薬品配送	医薬品卸・小売業者 ／ 地方自治体・保健所 ／ 医師会、薬剤師会
配送方法の調整	荷主事業者 ／ 医薬品卸・小売業者
地元調整 回覧板の回付 ／ 説明会の開催	地方自治体

【飛行に伴う作業工程】

タイミング	配 送	機 体	飛 行	そ の 他
前日まで	- 受発注 - 配送依頼書受領		前日の飛行可否判断	
1日の始め		- 搬出、整備 - 作動前点検、作動確認	- 気象状態情報確認 - 飛行空域状況確認	
飛行前	- 配送物預かり - 配送物、配送依頼書の確認 - 物流ボックス固定状態確認	機体、GCS等の各スイッチオン、作動状態の確認	- 第三者、気象状態の確認 - 飛行可否判断 - 飛行操作 - 飛行記録	- 通信ツールの起動 - 荷主・荷受への連絡
飛行中		離陸確認	- 離陸・飛行操作 - 機体情報、気象情報に基づく判断 - 着陸時の確認、判断	
着陸後	- 開梱、荷下ろし - 配送物授受 - 配送依頼書記入確認授受	- 着陸確認 - 各スイッチオフバッテリー交換・充電	飛行記録	着荷連絡
1日の終わり		- 点検・整備 - 格納		

【受発注のオペレーションの流れ】

フェーズ	荷主	荷受	運航事業者
事前	 - オンライン上に発送依頼フォームを設ける。 - または、メールでの依頼のための記入フォームを案内しておく（実証実験ではメールで案内）。		
発注	 - 荷受から荷主への商品依頼。 - 荷主から運航事業者へ配送依頼書の送付（発注）。 - 原則としては発送希望日の前日中までに運航事業者が届くように連絡を行う。		
受注	 - 配送管理部門で配送依頼書の受付と内容の確認。 - ドローン運航部門の飛行計画と配送希望日時の確認。 - 配送希望日時通り配送可能であれば受託として荷主に返信、希望日時の配送ができなければその旨を返信、代替日程を調整し折り合えば受託する。 - 飛行可否判断を行い飛行できない場合次善の策を調整する。		

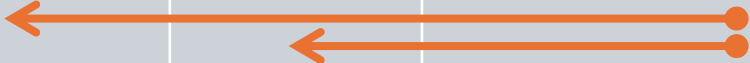
・ 配送依頼書の例

配送依頼書（配送管理書）			
記入年月日	2024年 月 日		
配送元（荷主）	所属企業・組織名		
	氏名	連絡先	
配送先（荷受）	ドローン離発着場		
	宛名		
	連絡先		
配送物	品名	日にち、曜日	数量
	重量		確認者
		kg	
日付		時間帯（可能日程に全て○）	
		10:30・13:30・15:30	
ドローン離発着場への荷物お届け時間帯（該当する方に○）			
9:00～9:30 ・ 11:30～12:00			
荷物の緊急度（該当する方に○）※不急の場合は配送時間相談可能性あり			
急ぎ ・ 不急			
受取人使用欄	受取者	様	
	受取日	2024年 月 日	
	受取時刻		

【2024年度新都市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
受発注の荷主・荷受とのやり取りについて、統一して配送依頼書とEメールで実施したが、定期的な確認が必要でやり取りに時間を要した。	配送手続きをワンストップで完結できる管理ツール等を活用することにより利便性が向上する可能性がある。
配送依頼書はドローン配送に対する受領証としても使用するために荷主が配送物とともに持参する運用としたが、配送依頼書を持参することを忘れることがあった。	
ドローン配送の受発注管理に時間管理アプリケーションを活用して、関係者が配送予定をオンラインカレンダー上で共有できるようにした。配送予定をどこからでも確認することができ有益であったが、配送依頼書や受発注データ、対応記録等は別管理となり作業負荷が生じた。	
翌日の天候不順が想定される場合を想定し、前日に飛行可否判断を行うために前日の14時頃を受注期限として設定した。	スムーズな受発注を実現し、全天候型のドローンを導入することができれば、飛行不可ケースを大幅に減少することができ、受注期限を後ろ倒しにすることができると考えられる。

【集荷のオペレーションの流れ】

フェーズ	荷主	荷受	運航事業者
準備・引渡			
	- 荷受に配送物持ち込み時刻を通知、荷主に配送当日の指定した配送時間に持参いただけるよう依頼する。 - 指定の日時、場所に配送物を持ち込んでいただく。		
検品			●
	持ち込まれた配送物を確認、配送依頼書と照合する。		
封入・積載			●
	配送物をまとめて緩衝材などで間を埋めて物流ボックスに詰め、ドローンに装着する。保冷が必要な配送物は、物流ボックスに保冷剤を同梱する。		
発送通知			
	- 発送通知をSNSを使って荷主、荷受の双方に送る。 - 発送通知には着荷予定時刻を記載し、荷受側には発送通知を受け取ったら着荷時刻に離発着場に受け取りに来ていただけるよう、事前に案内しておく。		

・荷姿の例



【2024年度新都市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
天候による配送可否判断や配送スケジュールの遅れなどを連携するため、配送物輸送や離着陸を行う現場でのリアルタイムな情報交換の必要性、重要性が大きい。	スマートフォンを使ったコミュニケーションツールでの連絡が望ましい。どこでも文字や画像のやり取りが可能であり、また音声通話への切り替えなども容易、さらに記録が残ることも含め利便性が高い。
荷主/荷受が決まった時刻に離着陸場所に配送物を受渡しする運用となり、荷主側の手間が発生した。	宅配ボックスのような預かり設備や荷物集約場所を用意するなどし、荷主・荷受の負担軽減を検討したい。ただし、配送物の特性によって保冷、セキュリティ等の機能を確保する必要がある。
発送通知については前日までに配送時間を通知しておくことで、配送時間に変更がない場合には発送通知をせず、遅延や配送不可判断時のみ、荷主、荷受に連絡する運用とした。	簡易に発送通知をできるツールを活用することで、荷主・荷受がリアルタイムに発送状況を確認することができ、利便性が向上する。

【配送・飛行のオペレーションの流れ】

フェーズ	荷主	荷受	運航事業者
ルート設定			●
	飛行ルートは事前に設定し、GCSによる自動飛行で行われる。		
機体点検			●
	GCSのスイッチを起動し、機体と正常に接続され、テレメトリー、機体の位置情報や通電状況、カメラ映像等を確認。		
発送通知			●
	 配送連絡は飛行不可時のみ、荷主、荷受人にパイロットから電話で連絡を入れる。		
離陸管理			●
	- 第三者の有無や気象条件を踏まえた最終の飛行可否判断。 - 離陸直後の機体姿勢を確認し、不自然な振動やバッテリー電圧の異常、異音がないかを確認。 - 飛行記録。		
飛行管理			●
	飛行中の機体情報や気象センサーの確認、カメラ映像による第三者有無の確認を行う。飛行経路直下に第三者がいる場合は、飛行レベルに応じた適切な対応を行う。 <機体情報の確認項目> - 飛行速度、高度、機体姿勢 - バッテリー電圧 - GNSS補足数、LTE接続強度		

【配送飛行に関する計画のポイント】

項目	ポイント
ルーチン化	各飛行毎のタスクをルーチン化し、作業内容を均一化する。
作業分担	機体、飛行、配送の3種類のタスクが同時並行的に混在していることを理解した上で、少人数での運用を目指して作業分担を行う。
スロットの固定化	配送スケジュールを安定させるため、配送の時間割（スロット）を固定化して荷主、荷受側とも共有することで利便性を高める

【タイムスケジュール作成のポイント】

項目	ポイント
時間の余裕	安全な運航をするため、機体準備やチェックに時間の余裕をもつ。
適切なインターバル	荷下ろしのインターバルが必要。現地対応者の休憩時間を確保する。
リスク回避	関連情報を収集しリスク回避を行う（経路近傍・クロスする乗り物や人の移動など）。

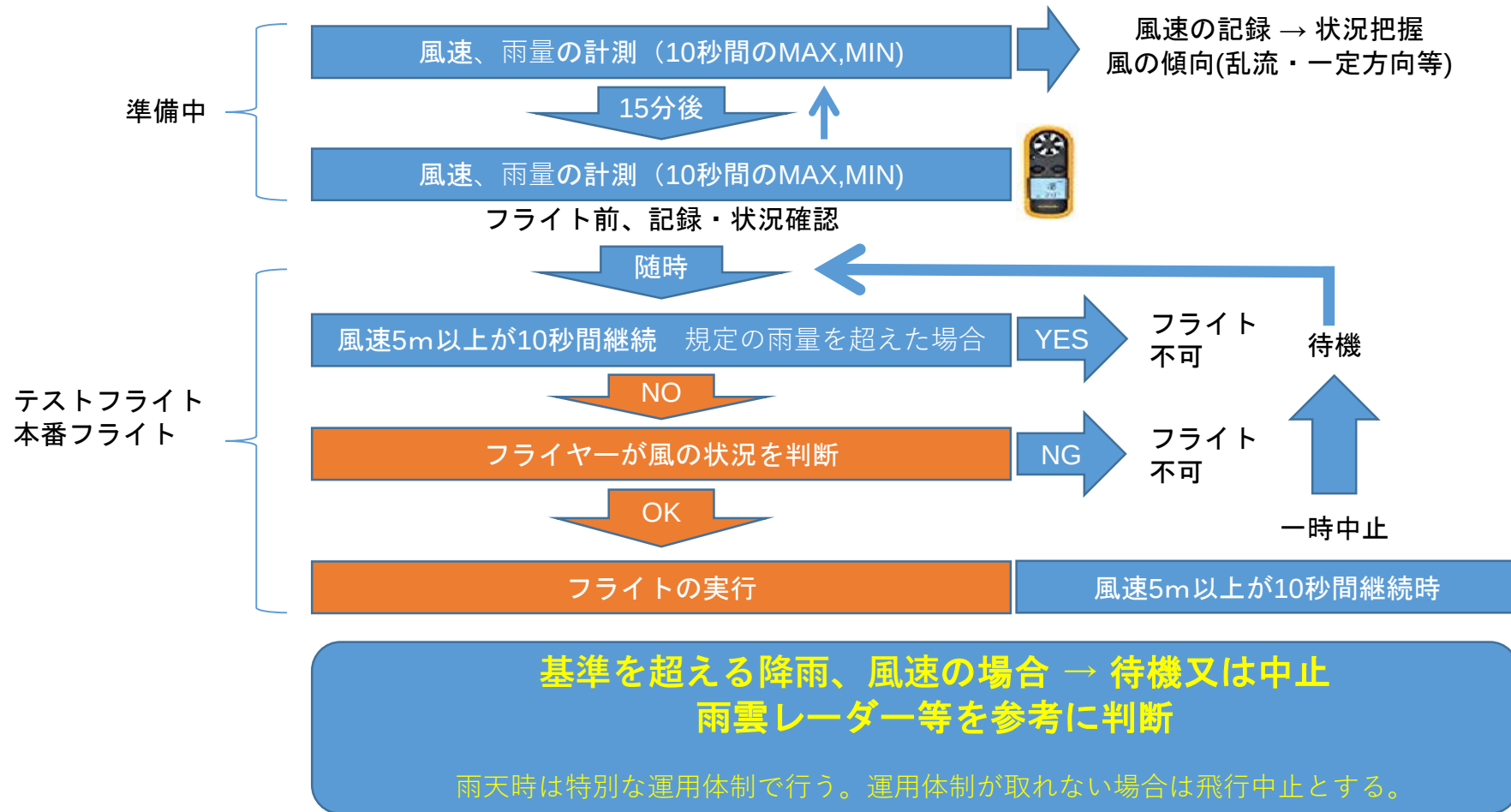
【スロット例】

市街地側発	山間地側発
10:00	10:40
13:00	13:45
15:00	15:40

【飛行・準備などタイムスケジュール例】

	離着陸場所_A	離着陸場所_B	離着陸場所_C	離着陸場所_D
9	08:30-09:25 当日配送物確認、機材、 設営、空域等確認			
10	09:25-10:00 電源オン、飛行判断、 積載、離陸準備、離陸	09:50-10:10 着陸地点情報報告、ス タンバイ 10:10-10:25 受入準備、着陸、パッ テリー交換、離陸	09:50-10:20 着陸地点情報報告、ス タンバイ 10:20-10:40 受入準備、着陸、荷下 ろし、バッテリー交換、 離陸	
11	10:50-11:15 受入準備、着陸、パッ テリー交換	10:40-10:55 受入準備、着陸、パッ テリー交換、離陸		
12				
13	12:25-13:00 電源オン、飛行判断、 積載、離陸準備、離陸	12:50-13:10 着陸地点情報報告、ス タンバイ 13:10-13:25 受入準備、着陸、パッ テリー交換、離陸	12:50-13:20 着陸地点情報報告、ス タンバイ 13:20-13:40 受入準備、着陸、荷下 ろし、バッテリー交換、 離陸	
14	13:50-14:15 受入準備、着陸、パッ テリー交換	13:40-13:55 受入準備、着陸、パッ テリー交換、離陸		
15	14:25-15:00 電源オン、飛行判断、 積載、離陸準備、離陸	14:50-15:10 着陸地点情報報告、ス タンバイ 15:10-15:25 受入準備、着陸、パッ テリー交換、離陸	14:50-15:20 着陸地点情報報告、ス タンバイ 15:20-15:40 受入準備、着陸、荷下 ろし、バッテリー交換、 離陸	
16	15:50-14:10 受入準備、着陸			
17				
18				

【飛行可否判断基準の例】



【2024年度新城市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
1日の作業の時間配分において、配送に関する作業、機体に関する作業、飛行に関する作業が輻輳する。特に作業を兼務している場合は安全への配慮を重視して、時間に余裕を持った対応を行う必要性が感じられた。	時間のゆとりを持ったスケジュールの策定と通信ツールの利用により、連絡の負荷を軽減する等の措置を講じる。特に、手順が安定し作業が安定するまでは時間のゆとりを持ち、各工程を確実にこなす必要がある。さらに積荷の準備、開梱などを荷主、荷受側の作業としてタスク配分をすることで、工程を減らすことを検討するとよい。
配送スケジュールを柔軟化させるだけの輸送力やオペレーションのコンパクト化が困難で、固定的な荷物（荷主、荷受）の運用だったため、1日に最大3回の輸送頻度に留まった。	不定期便（オンデマンド配送）への受注システム、配送計画などの対応力を高め、他のモビリティでは実現しにくい、フットワークの軽い輸送を実現することでニーズを発掘する余地がある。
当日の飛行判断など、現場のパイロットの経験則に基づく対応が必要となることがあった。	リアルタイムに天気情報が取得できるツールなどにより、飛行可能な判断基準を統一化する。

【受渡のオペレーションの流れ】

フェーズ	荷主	荷受	運航事業者
着陸			●
	- 着陸はGCSにより行う。 - 市街地側のパイロットがオンボードと離着陸場に設置されたカメラ等で監視し、安全性を確保する。		
荷下ろし			●
	運航事業者による荷下ろし。		
引渡確認・通知	←		●
	確認書の交付。		
バッテリー交換		●	
	- 運航事業者によるバッテリー交換。 - 機体から外したバッテリーは充電し次の交換に備える。		

【2024年度新城市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
2024年度実証においては山間地の離発着場にもスタッフが待機し、監視を行った。	安全運航を担保したうえで、離発着場の周囲には第三者が進入できないように柵を設け、荷下ろしとバッテリー交換のインストラクションをすることで、荷受人によるオペレーションが可能になる。
物流ボックスの着脱や開梱、バッテリーの着脱や充電などの取り扱いについてマニュアル化したが、荷受の通常業務を優先するために対応いただくことはできなかった。	コスト抑制により荷下ろしや充電作業の見返りを荷受側が受けられるようなビジネスモデル作りが重要である。またドローンから無人で預けられる保管ボックスを開発したり無人での充電を可能にするなど、有効な方法を検討していきたい。

【プランA…今回実証に沿った配置】

人員		受発注	集荷			配送（飛行）		受渡		
担当	人数	受付、荷主・荷受対応（各通知等）	配送割当、スロット管理	配送物の預かり、検品	離発着場への配送物運搬、積載	機体、設備管理、バッテリー交換	飛行可否判断	荷下ろし	バッテリー交換	バッテリー管理（充電等）
運送管理	2	●	●	●	●	●		●	●	●
機体・飛行管理	1					●	●		●	●
荷主	1				●					
荷受	0									

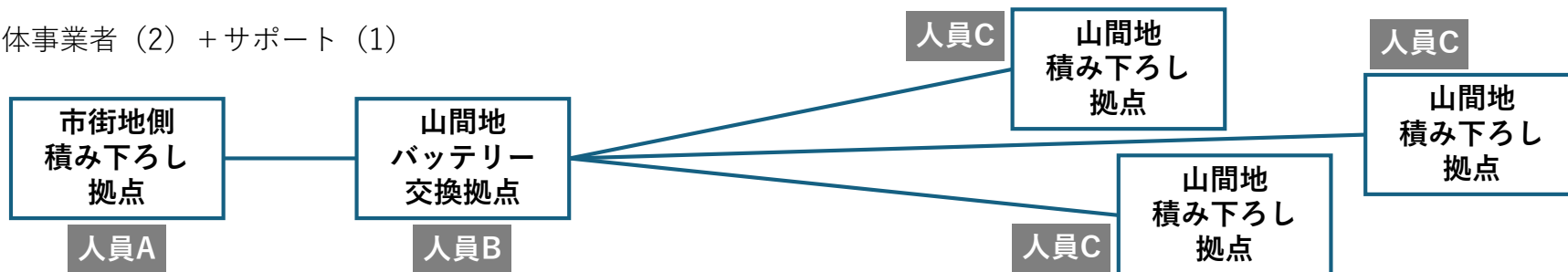
【プランB…改善プラン】

人員		受発注	集荷			配送（飛行）		受渡		
担当	人数	受付、荷主・荷受対応（各通知等）	配送割当、スロット管理	配送物の預かり、検品	離発着場への配送物運搬、積載	機体、設備管理、バッテリー交換	飛行可否判断	荷下ろし	バッテリー交換	バッテリー管理（充電等）
運送管理	0.5	●	●							
機体・飛行管理	0.5					●	●			
荷主	1			●	●	●			●	●
荷受	1							●	●	●

● ： 人員配置が必要な役割であることを示す

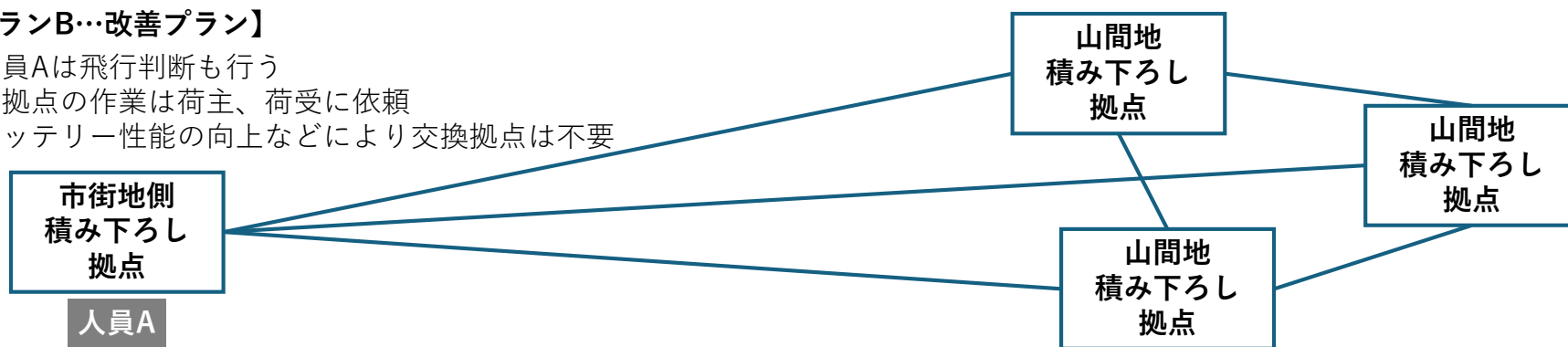
【プランA…今回実証に沿った配置】

- 主体事業者（2）＋サポート（1）



【プランB…改善プラン】

- 人員Aは飛行判断も行う
- 各拠点の作業は荷主、荷受に依頼
- バッテリー性能の向上などにより交換拠点は不要



【2024年度新都市における実証実験からのヒント】

実証実験における検討、対応実績	改善の方向性、ヒント
ドローンの性能に応じ、バッテリー交換拠点を設定したため、そのための人員を要した(人員B)。	ドローンの飛行性能の改善、適切なルート選択によりバッテリー交換拠点が不要となれば、人員Bは不要となる。
ドローンの離着陸を安全に行い、配送物の受渡しとバッテリー交換を行うため、山間地の積み下ろし拠点にもドローン操縦者を配置した(人員C)。	物流ボックスの取り出し、取り付けやバッテリー交換作業を荷受人が単独で行い、離着陸場周辺の状況を環境測位装置でリアルタイムに監視することにより、人員Cを不要とできる可能性がある。

【2024年度新城市ドローン物流実証実験をベースとしたコスト試算】

項目	年間金額	備考
配送用ドローン購入費	1,700,000円	周辺機器含む、5年償却
パイロット育成費	0円	※パイロットを育成する場合は費用を算入
ドローン管理費	2,400,000円	メンテナンス、修理、保険
パイロット人件費	4,800,000円	荷物積み下ろし兼務
バッテリー交換担当人件費	2,400,000円	1名
LTE使用料	600,000円	
離着陸場周辺環境測位装置使用料	600,000円	4カ所に設置
土地代	0円	※有料の土地を借り受ける場合は費用を算入
年間計	12,500,000円	
1ヶ月換算	1,041,667円/月	
飛行回数	25回	
配送料	41,667円/回	

【2026年度を想定したコスト試算】

項目	年間金額	備考
配送用ドローン購入費	1,400,000円	5年償却、量産化により価格低減
パイロット育成費	0円	※パイロットを育成する場合は費用を算入
ドローン管理費	1,800,000円	標準化、汎用化によりメンテナンス費用の低減
パイロット人件費	1,200,000円	1対多運航（2台同時管理によりパイロット数量0.5人）
バッテリー交換担当人件費	0円	経路設定の精密化、バッテリー性能の向上により削減
LTE使用料	600,000円	
離着陸場周辺環境測位装置使用料	400,000円	4カ所に設置、普及汎用化による価格低減
土地代	0円	※有料の土地を借り受ける場合は費用を算入
年間計	5,400,000円	
1ヶ月換算	450,000円/月	
飛行回数	270回	需要創出、産物開発、新ビジネス/活用方法の創出により1日3回定期便（1回の飛行で3拠点配送）
配送料	1,667円/回	

【2030年度を想定したコスト試算】

項目	年間金額	備考
配送用ドローン購入費	1,000,000円	5年償却、量産化により価格低減
パイロット育成費	0円	※パイロットを育成する場合は費用を算入
ドローン管理費	1,200,000円	標準化、汎用化によりメンテナンス費用の低減
パイロット人件費	600,000円	1対多運航（4台同時管理によりパイロット数量0.25人）
バッテリー交換担当人件費	0円	経路設定の精密化、バッテリー性能の向上により削減
LTE使用料	120,000円	普及汎用化による価格低減
離着陸場周辺環境測位装置使用料	420,000円	6カ所に設置、普及汎用化による価格低減
土地代	0円	※有料の土地を借り受ける場合は費用を算入
年間計	3,340,000円	
1ヶ月換算	278,333円/月	
飛行回数	450回	需要創出、産物開発、新ビジネス/活用方法の創出により1日3回定期便（1回の飛行で5拠点配送）
配送料	619円/回	

分類		項目	改善方策
収入増加	サービス強化	注文件数の増加	・ 飛行経路の拡大 ・ 複数目的地への連続（一筆書き）配送の実施
		注文頻度の増加	・ 消費者の購買行動の変革（ドローンの提供価値である即時性を訴求）
		配送品目の拡大	・ 温度管理 ・ セキュリティ確保 ・ 機体の積載重量増量
		配送時間の拡大	・ 夜間等日中以外のオンデマンド便配送 ・ 悪天候時における配送
		配送単価の向上	・ 顧客価値の向上（オンデマンド、軒先、即時配送による利便性向上） ・ 医薬品など付加価値の高い品目の配送
	機体性能向上	輸送力の増強（可搬重量、長距離化）	・ バッテリー性能の向上
		輸送力の増強（天気・気候対応力）	・ 素材開発 ・ フライトコントローラ性能の向上
支出抑制	機体導入に係る経費	機体価格、装置価格の低下	・ 量産化
		メンテナンス価格の低下	・ 標準化、汎化
	人件費	省人化・無人化	・ 遠隔操作、1対多運航
		非熟練者活用	・ 荷主・荷受への協力範囲拡大 ・ パート・アルバイト活用
			・ バッテリーの改善など機体や装置取り扱い方法の簡便化 ・ マニュアルやインストラクションの標準化