

中津川市を舞台とした編隊飛行によるドローンと
自動配送ロボットを連携した
ラストワンマイル配送の実証実験

Kao

きれいをこころに未来に

花王株式会社

- 無人倉庫、ドローン輸送、自走式ロボット。組み合わせるそれぞれの技術要素と管制システムはもう既にある。

倉庫で荷揃え



ピッキングや梱包作業をロボットで行う無人倉庫も増えている。
(花王 豊橋工場)

ドローンで目的地へ



一台では劣る積載能力は、編隊飛行や多頻度輸送でカバーする。

離発着地点



粉塵対策をした発着陸地点へ。集合住宅ではさらに人の手で自走式ロボットへ積み替え。

個人宅への配送



離着陸地点から各戸へ



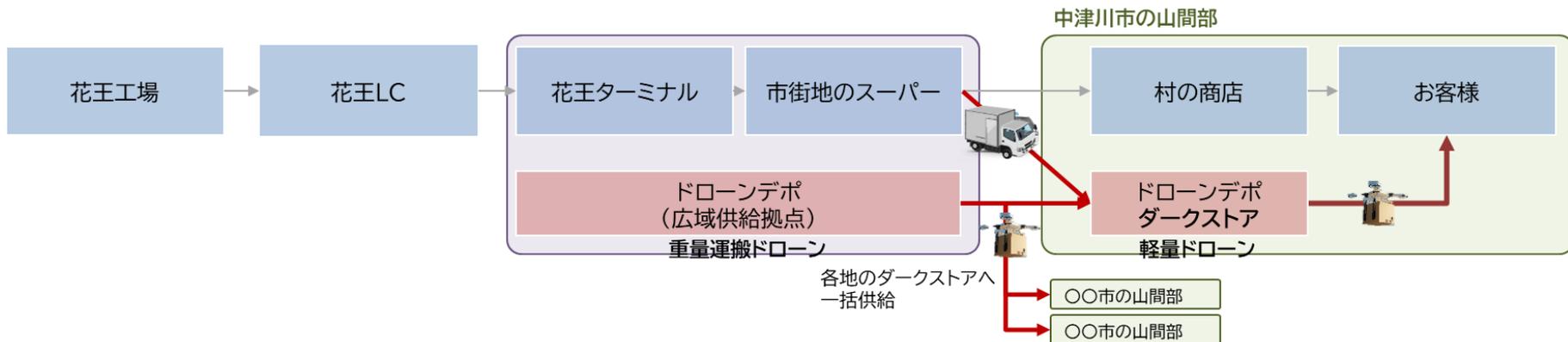
自走式ロボットが集合住宅の玄関先までお届け。居住者は認証して解錠する。

集合住宅・デポへの配送



技術 × 制度 × 推進力
Technology x System x Leadership

- 既存の物流モードに加えて、ドローンからの空輸を選択肢に加えることで高い配送効率と安全性を狙う。
- ドローンの最大の特長は「空から無人で」。これができると圧倒的なコスト抑制と柔軟な輸送実施に期待できる。
- 来る2024年の「運べなくなる物流問題」へ貢献できるか検討する。



- 積載重量の最大化・複数機での群輸送・多頻度往復・長距離航続。
- 空からの物流は選択肢となり得るか、花王のドローン物流へのチャレンジは続きます。

And more
社会実装・
事業化

STEP.3 長距離航続・超重量

- 広域供給機能を実現するための長距離輸送にチャレンジ。
- 社会実装と事業化を見据えた、本格的な無人輸送の実証。
(2024~2025年。国内某所)

STEP.1 重量運搬

- 輸送効率の可能性を探るため、一機あたりの輸送能力の向上にチャレンジ。
- 長距離後続では必須となる山越えにおける安定飛行手法の確立。
- 兵庫県養父市で実証。
(2023年9月)

STEP.2 編隊飛行

- 群制御による複数機での一括輸送の可能性を探る。
- 一台では劣る輸送能力を、編隊飛行による群輸送によって補う。
- 岐阜県中津川市で実証。
(2023年11月)



中津川市から先の飯田市、下呂市、木曽方面への配送店舗は、厳しい山越えが続き、配送難易度の高いルート。土砂崩れなどによる道路寸断といった災害リスクもある。配送効率化や災害支援の観点から候補地として選定。

飛行ルート(坂下小学校～椈の湖オートキャンプ場)

着陸地点では自動配送ロボットが待機。ドローンが天井部に直接着陸し、キャンプ場入口まで自動走行する。



リトルボックス
花の湖展示場

椈の湖自然公園

椈の湖オートキャンプ場

上野

椈の湖溜池

椈の湖溜池副堤

[到着地点]

椈の湖オートキャンプ場横広場
標高560mにある椈の湖のまわりに
広がる自然あふれるキャンプ場。



[出発地点]
中津川市立坂下小学校

(直線7.9km)

名 建設工(株)岐阜工場

中津川市立坂下小 (有)栢乃木

中津川市消防本部
中消防署坂下分署

鎌田酒店

鎌田物流サービス

早川自動車

大門集会所

坂下総合体育館

中津川市立坂下中

若宮八幡神社

川上川

2D

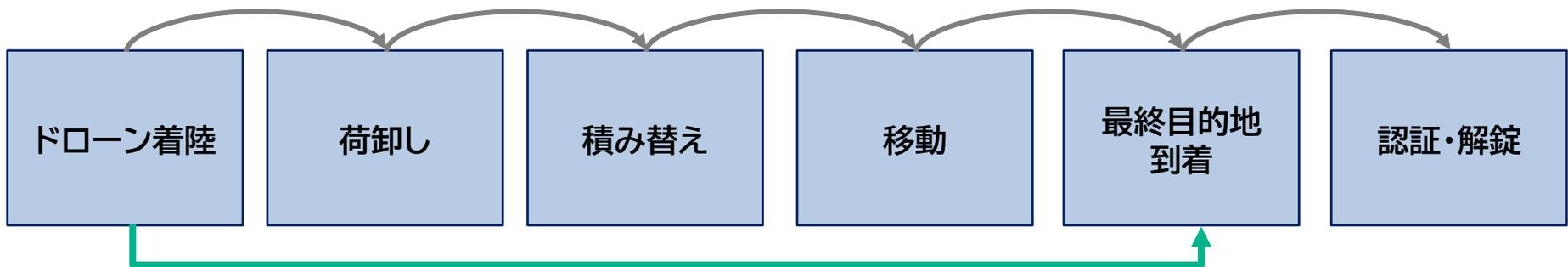
+



- 消費者への荷物の受け渡しやダークストアへの搬入作業。最後の一步である「ラストワンマイル」の省人化・無人化を狙うため、ドローンが自動配送ロボットに直接着陸し、最終目的地までの自律走行を検証します。

一般的なドローン配送

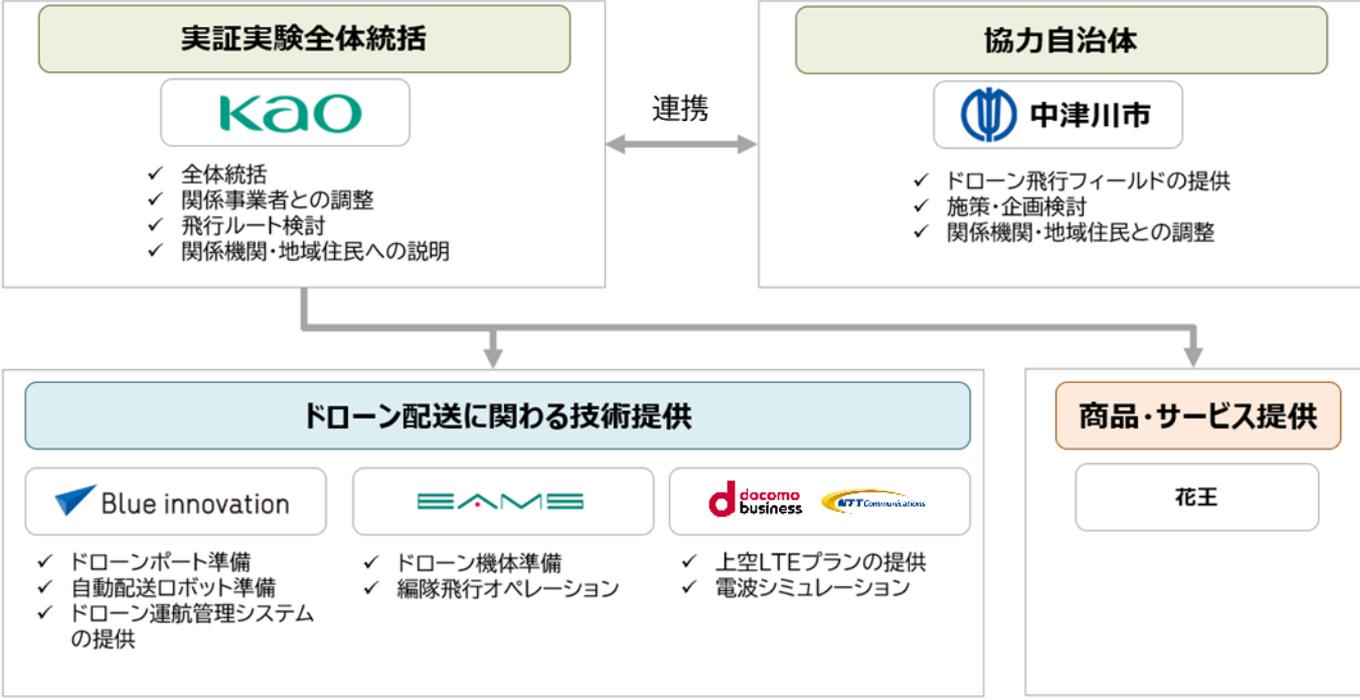
着陸後、荷卸しや移動に人が介在



今回の実証

自動配送ロボットの天井部に自動着陸し、目的地まで自律走行。
人の介在する作業を最小化

スマートかつシンプルな方法を模索

事業名	中津川市を舞台とした編隊飛行によるドローンと自動配送ロボットを連携したラストワンマイル配送の実証実験
実施時期	2023年11月9日(木)
実施場所	岐阜県中津川市
飛行ルート	離陸地：中津川市立坂下小学校 着陸地：桜の湖オートキャンプ場横広場 目的地：桜の湖オートキャンプ場入口
主な検証内容	<ul style="list-style-type: none"> 3機のドローンによる編隊飛行(群制御技術)で、一括輸送の効果を検証。 自動配送ロボットに直接着陸後、自動走行して目的地への無人移動を検証（ラストワンマイルを想定）
座組	 <p>実証実験全体統括</p> <p>Kao</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 全体統括 ✓ 関係事業者との調整 ✓ 飛行ルート検討 ✓ 関係機関・地域住民への説明 <p>連携</p> <p>協力自治体</p> <p>中津川市</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ドローン飛行フィールドの提供 ✓ 施策・企画検討 ✓ 関係機関・地域住民との調整 <p>ドローン配送に関わる技術提供</p> <p>Blue innovation</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ドローンポート準備 ✓ 自動配送ロボット準備 ✓ ドローン運航管理システムの提供 <p>AME</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ドローン機体準備 ✓ 編隊飛行オペレーション <p>docomo business NTT Communications</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 上空LTEプランの提供 ✓ 電波シミュレーション <p>商品・サービス提供</p> <p>花王</p>

- ドローン物流を事業化する際に障壁となる課題があります。
- 実証実験にて検証を進め、ドローン物流事業化の可能性を探ります。

	機体性能		積載重量	運航技術	社会受容性	
	運航距離 (バッテリー)	耐候性		自動運航	安全性	騒音
課題	市販ドローンは1回の飛行時間が 30分以内 。重量運搬(50kg程度)の場合飛行可能距離は 10km以内 が限界。	市販ドローンで安全に運航可能な風速上限は 5~10m 程度。雨天時の対策も合わせて必要。	既存路線で利用しているトラックと比較して 輸送重量が小さい 。(2tトラックの場合100サイズの段ボール80個が輸送可能)	山間部など上空の電波状況によっては 人が介在しない自動運航 が困難。 離発着地点における荷物着脱などのオペレーション。	機体点検などの運用マニュアルの整備と操縦者スキル不足による ドローン墜落時の対策 が必要。	プロペラやモーターを起動しているため重量運搬可能なドローンに関しては 騒音が大きい 。
解決の方向性	長時間・長距離を達成するためにはバッテリー容量を上げる、全・半固体電池を搭載する、動力をエンジンやハイブリッド型にする等の工夫が考えられる。 ドローンメーカー・電池メーカーによる技術革新が待たれる。		重量運搬ドローンを用い、複数編隊飛行を複数ルートで運航することで輸送総重量を増やす。 積載重量×編隊数×往復回数(ルート数) 50kg×5機×8往復=2t	SIMによる上空 LTEプラン の利用と通信会社による基地局の整備が必要。 自動離発着・荷物着脱可能な ドローンポート利用 。	花王におけるドローンプラント点検時の運用マニュアルを活用。 緊急着陸時の安全性を担保するパラシュート装着。	騒音を低減するプロペラの開発やプロペラがないドローンの利用。
キーワード	-		重量運搬・編隊飛行	自動飛行・1対多運航	レベル4	

- ドローンはSDGsにある「誰一人取り残さない」の実現や災害対策において重要な役割を期待できる一方、既存の輸送手段にはない特長を活かした、「利益の出る事業」にするための模索を行っています。

今回の実証実験

飛行距離
2km

輸送重量
4kg

飛行回数
1回

機体数
3機

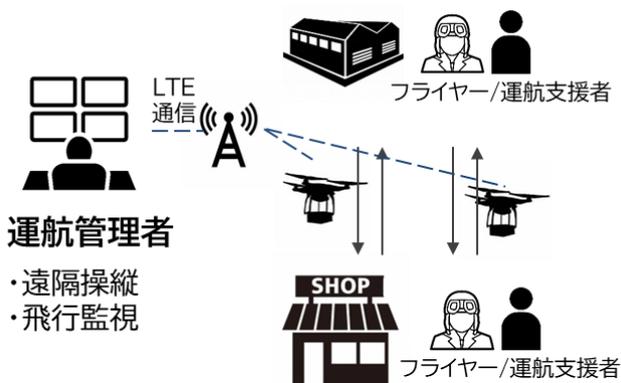
パイロット
9人

見張り
6人

レベル4では有人地帯での目視外飛行が可能となるため、実証時に配置していた補助者は不要。また、運航管理システムを利用して遠隔地からの1対多運航を行う想定。

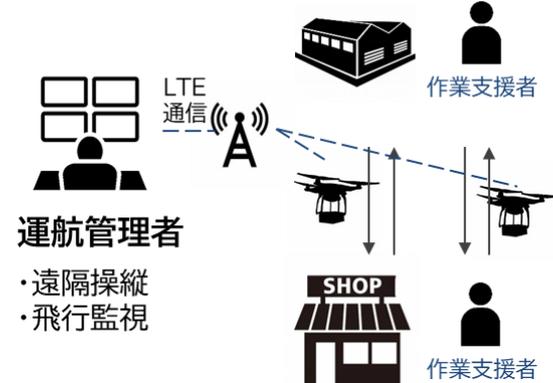
STEP1

不測の事態に備え、現地パイロットを配送拠点と小売店に配置



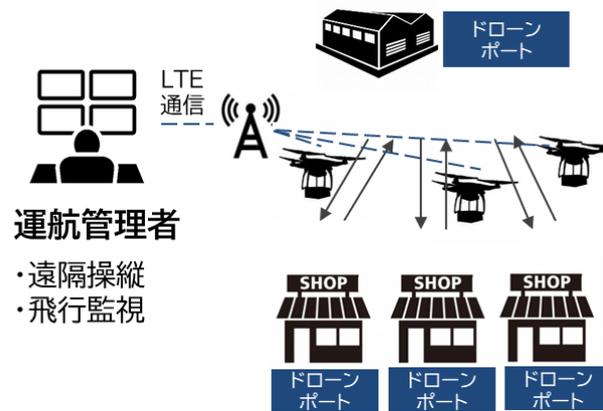
STEP2

操縦は遠隔からのみとし 現地に作業支援者(操縦無)を配置



STEP3

遠隔操縦のみでの運用を可能とする



遠隔管理

有り

有り

有り

現地の人材配置

パイロット有

作業支援者のみ

無人

- 岐阜県中津川市から北部への物量1,000口(10,000kg)/年について、地域の配送拠点(中津川市)から小売店までの上空片道40km(往復80km)でドローンを活用する場合を想定。
※物流ターミナル(愛知県)から地域の配送拠点(中津川市)まではトラックで配送。
- ドローン運用はレベル4での遠隔操縦。

【トラック配送ルート】左回り一周ルート

- ① 中津川市→岐阜県加茂郡白川町→中津川市→
長野県木曾郡南木曾町・大桑村・上松村・王滝村→中津川市

トラック配送の場合

1台運行
走行距離 235km
走行時間 400分
※走行速度はVICS使用



【ドローン配送ルート候補】3ルート

- ① 中津川市→岐阜県加茂郡白川町→中津川市
- ② 中津川市→長野県木曾郡王滝村→中津川市
- ③ 中津川市→長野県木曾郡南木曾町・大桑村・上松村→中津川市

ドローン配送の場合

3ルート
飛行距離 220km
飛行時間 260分
※飛行速度は50km/hで計算



【配送量と配送ルート】

- 配送量 岐阜県中津川市から北部への物量を想定し、**1,000口(10,000kg)/年**を置き換える計算
- 配送ルート 地域の配送拠点(中津川市)→小売店(中津川市・岐阜県加茂郡・長野県木曾郡) (往復)
※小売店でバッテリーを交換し、復路を飛行する想定

【ドローン機体性能】

- 積載量 ペイロード5kgの中型ドローン3機での編隊飛行:**15kg/フライト**で試算
- 飛行距離 **片道40km**
- ドローンの時速 50km/h(13.9m/s)で試算
※自動配送ロボットは、各小売店内のバックヤードまで約100m程度での利用を想定



【配送オペレーション】

- 1日のフライト数 **1日3回**で試算【準備2時間、1フライト2時間(バッファ含む)×3回 計8時間】
- 運用人数 レベル4での遠隔操縦を想定 **計2名** (遠隔操縦者1名、飛行監視者1名)
- ドローン運用の稼働日程 **年間212日**で計算(陸上輸送の営業日312日/年×年間晴天率68%)

【費用】

- ドローン運用の稼働費 **1万円/人日**で計算 (業界実績)

参考記事: [PRODRONE Road to 50/50 #1『43kg運んでみました』 - PRODRONE](#)

ドローン配送予定の物量を既存の陸上輸送で行う場合の輸送費は、185万円/年。



- ・納品単価
1,850円/口 (ヤマト運輸様の料金参照)
- ・ドローン配送予定の年間口数
1,000口/年 (岐阜県中津川市から北部への物量と想定)
- ・ドローン配送予定の年間重量
10,000kg/年 (1口(10kg)として試算)
- ・候補ルートに対する既存陸上輸送の年間コスト
1,850円/口 × 1,000口/年 = **1,850,000円/年**

ヤマト運輸様料金表(HPより参照)

看地	サイズ	北海道	北東北	南東北	関東	信越	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄
中部	コンパクト	1,000	830	780	720	720	720	720	720	780	780	830	940
	60	1,610	1,190	1,060	940	940	940	940	940	1,060	1,060	1,190	1,460
	80	1,900	1,480	1,350	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230	1,350	1,350	1,480	2,070
	100	2,200	1,790	1,650	1,530	1,530	1,530	1,530	1,530	1,650	1,650	1,790	2,710
	120	2,520	2,110	1,970	1,850	1,850	1,850	1,850	1,850	1,970	1,970	2,110	3,360
	140	2,860	2,450	2,310	2,190	2,190	2,190	2,190	2,190	2,310	2,310	2,450	4,030
	160	3,180	2,770	2,630	2,510	2,510	2,510	2,510	2,510	2,630	2,630	2,770	4,680
	180	4,830	3,870	3,730	3,060	3,060	3,060	3,060	3,060	3,730	3,730	3,870	6,000
	200	5,490	4,530	4,390	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	4,390	4,390	4,530	6,770

ヤマト運輸様(HPより参照)
1,850円

佐川急便様(HPより参照)
1,980円

日本郵政様 (HPより参照)
1,770円

ドローン配送と陸上配送の試算

1,000口の配送コストは、ドローンが年間1,361万円に対し、陸上配送は185万円。ドローンやUGVの機体費用と人件費、通信、UTM使用料の低価格化が期待される。

(万円/年間)

年間費用

		ドローン配送	陸上配送	考察
ドローン	機体費用(3機・5年償却)	180	-	量産化や技術革新で低価格化に期待。またはリース活用。
	保険料(本体8%)	72		本体価格に連動
	点検・消耗品費用	54		バッテリー・部品の量産化や技術革新で低価格化に期待。
	人件費(2名)	424		一対多運航で一人当たりの監視するドローン数を増やす。
	通信費(LTE上空利用プラン)	179		スターリンク等低価格プランの利用。
	諸経費(電気代)	50		
	UTM	300		
小計①		1,259		
UGV	車体費用(1台・5年償却)	66		量産化や技術革新で低価格化に期待。またはリース活用。
	保険料(本体8%)	26		本体価格に連動
	点検・消耗品費用	10		部品の量産化や技術革新で低価格化に期待。
	諸経費(電気代)	0		一日400m×212稼働日で約17円
小計②		102		
合計(①+②)		1,361万円	185万円	
1口あたりの配送費(÷1,000)		13,610円	1,850円	陸上輸送の7倍のコストとなる

※機体・車両の参考価格
 ドローン(積載量5kg) 300万円 × 3機
 UGV 330万円

ドローン配送と陸上配送の試算(補助者を経路に配置した場合)

1,000口の配送コストは、ドローンが年間1,361万円に対し、陸上配送は185万円。
 ドローンやUGVの機体費用と人件費、通信、UTM使用料の低価格化が期待される。

(万円/年間)

年間費用

		ドローン配送	陸上配送	考察
ドローン	機体費用(3機・5年償却)	180	-	量産化や技術革新で低価格化に期待。またはリース活用。
	保険料(本体8%)	72		本体価格に連動
	点検・消耗品費用	54		バッテリー・部品の量産化や技術革新で低価格化に期待。
	人件費(129名)	27,348		パイロット9名+補助者120名が年212日稼働する場合
	通信費(LTE上空利用プラン)	179		スターリンク等低価格プランの利用。
	諸経費(電気代)	50		
	UTM	300		
小計①		28,183		
UGV	車体費用(1台・5年償却)	66	-	量産化や技術革新で低価格化に期待。またはリース活用。
	保険料(本体8%)	26		本体価格に連動
	点検・消耗品費用	10		部品の量産化や技術革新で低価格化に期待。
	諸経費(電気代)	0		一日400m×212稼働日で約17円
小計②		102		
合計(①+②)		28,285万円	185万円	
1口あたりの配送費(÷1,000)		282,850円	1,850円	陸上輸送の152倍のコストとなる

※機体・車両の参考価格
 ドローン(積載量5kg) 300万円 × 3機
 UGV 330万円

(考察)ドローン配送と陸上配送の試算

たとえば、どのような金額水準であれば陸上輸送に匹敵しうるかを考察すると、より低価格の機体等を使用できると仮定して以下のような試算ができる。
 この水準で導入することができるか。

(万円/年間)

(考察)年間費用の仮試算

		ドローン配送	陸上配送	
ドローン	機体費用(3機・5年償却)	60	-	機体100万円×3の場合
	保険料(本体8%)	24		本体価格に連動
	点検・消耗品費用	30		
	人件費	0		完全無人運航の場合
	通信費(LTE上空利用プラン)	36		月1万円のスターリンク×3の場合
	諸経費(電気代)	50		
	UTM	120		月10万円の利用率×3の場合
小計①		320		
UGV	車体費用(1台・5年償却)	20	-	車体100万円の場合
	保険料(本体8%)	8		本体価格に連動
	点検・消耗品費用	8		
	諸経費(電気代)	0		一日400m×212稼働日で約17円
小計②		36		
合計(①+②)		356万円	185万円	
1口あたりの配送費(÷1,000)		3,560円	1,850円	陸上輸送の1.9倍のコストとなる

※機体・車両の参考価格
 ドローン(積載量5kg) 100万円 × 3機
 UGV 100万円

- ドローンはSDGsにある「誰一人取り残さない」の実現や災害対策において重要な役割を期待できる一方、既存の輸送手段にはない特長を活かした、「**利益の出る事業**」にするための模索を行っています。

- ✓ 空路ならではの最短距離での輸送による、配送時間の短縮。
- ✓ 採算性の低いルートに対する、既存の輸送手段のドローンへの置き換え。
- ✓ 同様の課題をもつ事業者とともに、ドローンによる**共同配送**を計画。
- ✓ 小規模・多頻度輸送を活かした**帰り荷**の検討。



アーリーハーベストプロジェクト

2024年度からの実装に向けた支援策

ドローン航路

150km以上
埼玉県秩父エリア等

自動運転車用レーン

100km以上
駿河湾沼津-浜松等
(深夜時間帯)

インフラ管理のDX

200km²以上
関東地方の都市等

経済産業省 第1回デジタルライフライン全国総合整備実現会議
<https://www.meti.go.jp/press/2023/06/20230628004/20230628004.html>

- 積載重量の最大化・複数機での群輸送・多頻度往復・長距離航続。
- 空からの物流は選択肢となり得るか、花王のドローン物流へのチャレンジは続きます。

STEP.1 重量運搬

- 輸送効率の可能性を探るため、**一機あたりの輸送能力の向上**にチャレンジ。
- 長距離後続では必須となる山越えにおける安定飛行手法の確立。
- **兵庫県養父市**で実証。
(2023年9月)

STEP.2 編隊飛行

- 群制御による複数機での一括輸送の可能性を探る。
- 一台では劣る輸送能力を、**編隊飛行による群輸送**によって補う。
- **岐阜県中津川市**で実証。
(2023年11月)

STEP.3 長距離航続・超重量

- 広域供給機能を実現するための**長距離輸送にチャレンジ**。
- 社会実装と事業化を見据えた、本格的な**無人輸送**の実証。
(2024~2025年。国内某所)

And more
社会実装・
事業化

- ドローンと自動配送ロボットを活用しながらラストワンマイル配送を事業化するためには、現段階では初期投資ならびにランニングコストが重く、助成金や支援制度を受けての実施が現実的と認識している。機体性能も満足な航続距離と積載重量をもつ機体はなく、更なる技術の向上が期待される。法制度としても地上の住環境や交通状況を大いに考慮する必要があり、空の自由で効果的な活用にはまだ遠い。よって利益よりは社会的使命を重視する領域であって、買物困難者に対する支援という性格が強いと感じる。
- 一方で、量産化によるコスト低減や固体電池の登場による航続距離の向上、送電線網等を活用したエアウェイの確保が進めば、無人・省人のオペレーションによるドローンの物流用途の活用可能性は劇的に高まり、そしてこれらはいずれも数年以内に実現していく可能性が高い。荷主としては、この近い将来に向けて、空路の本格的な活用を早期から検討すべきであって、陸路と空路のハイブリッドで最も効率的な配送方式を確立すべく主体的に活動を続けていきたい。
- 日本国外でも積極的な実証実験や機体開発が続いている。目先の利益にとらわれることなく、ドローンを活用した持続的な社会インフラの早期構築と積極的な活用促進を実現すべく、官民一体の取り組みを短期間で強力に主導されることを願う。



KaO

Kirei—Making Life Beautiful

