

過疎地域における ドローン物流ビジネスモデル検討会

令和2年3月25日

慶應義塾大学SFC研究所
神奈川県庁 未来創生課

事業サマリー

項目	概況
背景	・ 政府方針「空の産業革命」：ドローン活用による産業振興・地域課題の解決 ・ 航空法の改正：用途に応じた要件の定義とそれに基づく新制度の創設 ・ 国土交通省、環境省：過疎地や離島等におけるドローン輸送事業の支援
事業目的	・ みかん農家を対象に、急峻な地形における安全かつ効率的な収穫物および用具・用品等の輸送
今年度実施内容	・ 収穫現場を想定したユースケースの確立と導入に向けた課題の洗い出し ・ 事業化におけるゴールの定義及び、ゴールの実現に向けた課題分析 ・ 事業計画案の策定 ・ 実際のユースケースを想定した飛行試験の実施 ・ 地域の他の事業者へのドローン活用の実現可能性の検討にむけたアンケート調査
得られた成果	・ みかん農家から実際の運搬業務における当初の期待を満たせるとの見解を得られた ・ アンケートより、交通渋滞時の物流支援等、実用化検討に肯定的な意見を得られた
今後の課題	・ 複数箇所からの輸送機体誘導方法や離発着の自動化の仕様検討等、機能面での要検討事項 ・ 収益化にむけた財務面での事業スキーム構築の具体化

発表概要

- 地域課題について
 - みかん農業のあり方
 - 生産者の人口動態
 - 栽培地の特性
- 2020年度事業
 - みかん箱等の運搬の計画策定に向けた検討・調査・結果
 - 他事業への応用に関する検討・調査
- 本事業に対する評価
 - 実験を通じて得られたデータに基づく計画策定とその評価
- ドローン物流の社会実装に向けて
 - 技術的な課題
 - 制度・政策的な課題
 - 社会的受容性に関する課題

A photograph of terraced rice fields in Japan, showing a person walking on a path through the terraces. The fields are lush green and yellow, indicating a mix of rice and other crops. A small wooden structure is visible on a higher terrace in the background.

地域課題

神奈川県小田原市のみかん農家の実情と課題について

地域課題：みかん農業のあり方

• オン/オフシーズン

- 一番の収穫オンシーズンは、温州みかん：**10月～1月**
- デコポン等の雑柑類も栽培していて、基本的には**年中収穫**している
- オフシーズンといえるのは、6～9月
- 基本的には家族で作業、繁忙期にパートを臨時雇用

• 栽培面積、作業の量

- ひとつ農家の栽培面積は、4000～9000坪
- **一日の収穫量：1t**（キウイの場合は2t等、作物によって異なる）
- いま使っている機械は、モノレールと運搬車
- モノレール：**全体の収穫量の1割**をカバーしている
- 運搬車：20kgのかごが5つ×3段＝**300kg**運べる、キャタピラがついていて、**斜面も対応**できる

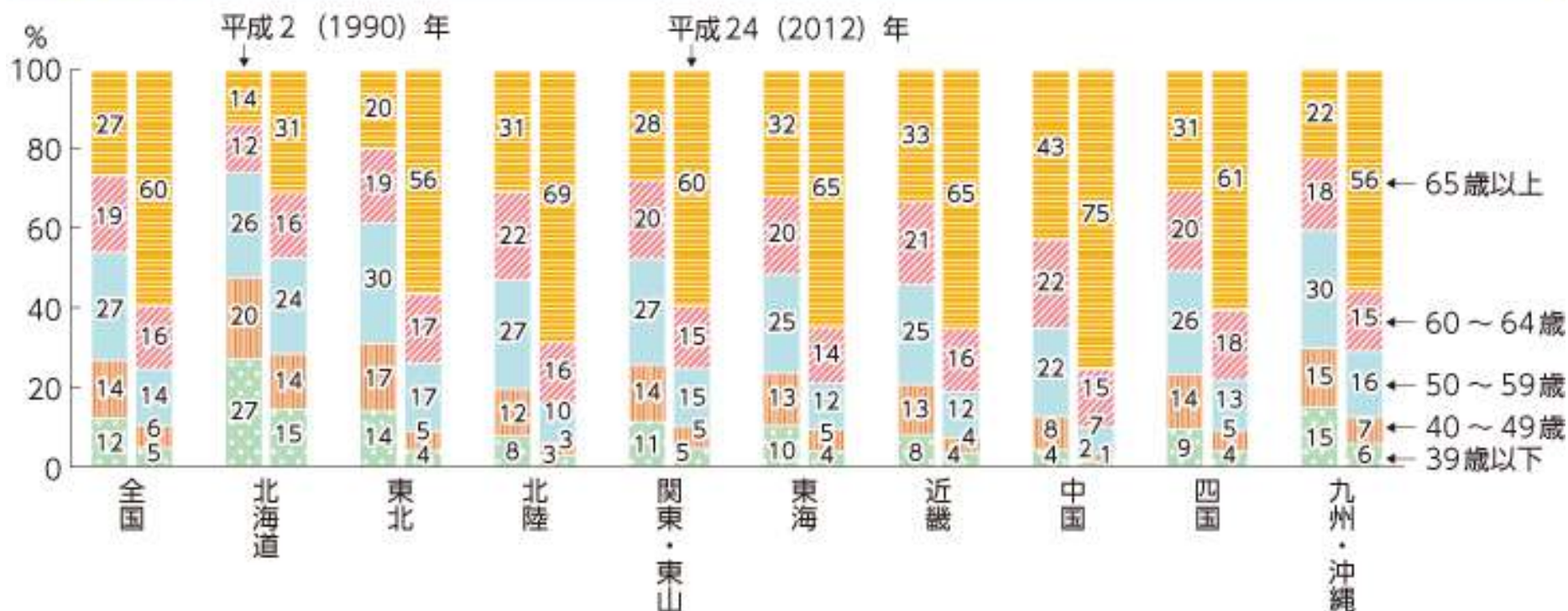
• 収穫作業の具体的な作業量

- **100kgの収穫作業**に要する時間が、一人で作業した場合で**2時間**程度
- 運搬車やモノレールを活用できない場合は、人間の手作業で斜面を登り降りし運搬
→ **この作業をドローンで代替したい**

地域課題：生産者の人口動態

- みかん農家を含めた農業全般において、**高齢化は深刻化**している。

図3-1-19 地域別基幹的農業従事者の年齢構成



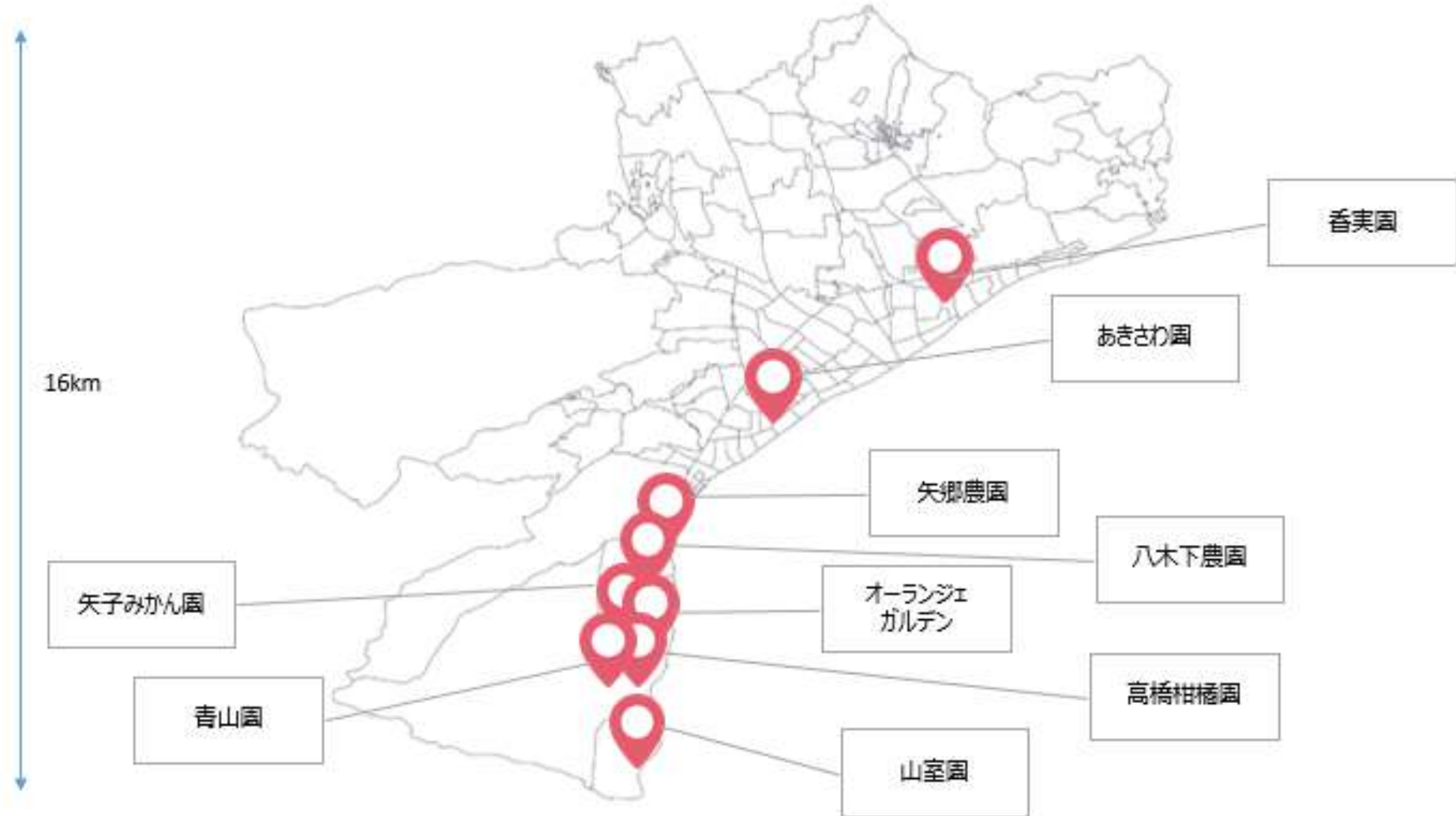
資料：農林水産省「1990年世界農林業センサス」、「農業構造動態調査」

注：1) 東山は山梨県、長野県を指す。農業地域は【用語の解説】を参照。

2) 数値は四捨五入しており、合計とは一致しない。

地域課題：栽培地の特性（小田原市内のみかん農園）

- ・**海沿い**にみかん農園・みかんを扱っている農園が**密集**している。



+

●

○

2020年度事業について

令和2年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金（社会変革と物流脱炭素化を同時実現する先進技術導入促進事業）

過疎地域等における無人航空機を活用した物流実用化事業計画策定



2020年度事業：計画策定に向け想定するユースケース

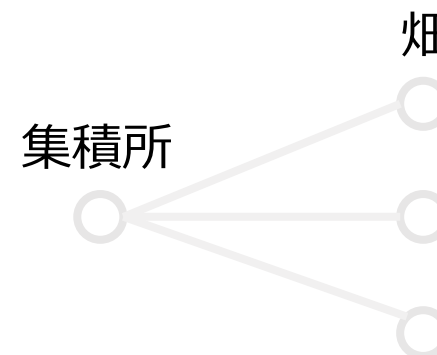
•2020年度事業におけるユースケース

- 1つの畑から1つの集積所までドローンで農作物を運搬する



•将来の展開案1

- 小田原にて、複数の畑から効率的に農作物を回収し、集積所に保管するシステムや体制を確立する
- 地域の他の事業者にもこれを提供し、地域全体の生活者支援や産業活性化につなげる



•将来の展開案2

- 展開案1の体制を全国のミカン畑をもつ農家へ展開する
- ミカン畑以外で転用可能な農家にも展開する



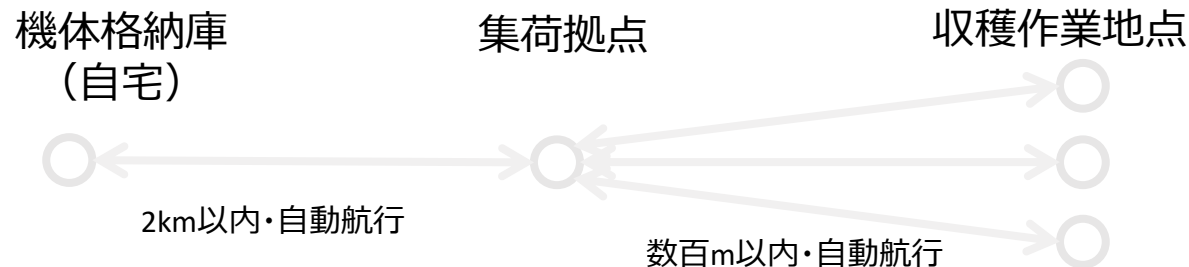
2020年事業：計画策定に向け想定するユースケース

•導入初期段階の基本的な性能を踏まえた用途

- 機体性能を踏まえ、**100m先の集荷拠点**に**20kg程度のかご**を何度か**往復**させる
- 収穫用のカゴをウインチに吊り下げる方式が実現できれば理想的との見解
- ドローンの離発着のため、農園の一部を改修し、整備することも想定しており、こちらについては問題がない認識

•一日の業務の流れとしてのユースケース

- 前提：前日までに、機体格納庫（自宅の想定）と集荷拠点、集荷拠点と収穫作業地点を結ぶ離発着場が整備されている状態
- 初回飛行：機体格納庫から集荷拠点までドローンを飛行させる
- 収穫飛行：集荷拠点から収穫作業地点までの往復飛行を行う
- 撤収飛行：集荷拠点から機体格納庫までドローンを飛行させる



2020年度事業：実運用に伴う想定課題の洗い出し

課題	詳細
現場の地理的課題	・斜面が急峻で、離発着場所の確保が困難 ・周辺の道路や電線等の環境も念頭に置いた安全な運用方法の検討 ・新幹線沿線のため、航空法への対応も考慮が必要
ドローンの技術的課題	・大型機の飛行可能時間は15～30分（LiPOバッテリー使用） ・可搬荷重は、中型機で2.5kg程度、大型機で30kg程度
ドローンの制度的課題	・25kgを超える大型機は航空法上、墜落時を想定した十分な安全対策が必要 ・通年、状況に応じた運用が必要で、レベル3運用に対する包括的な許諾が必要
運用に関する課題	・人による操縦を想定するか、自律・遠隔支援運用を想定するか ・運用技術の習得と、蓄積したノウハウの展開 ・事故対策や安全性の担保をどのように達成するか
事業化の課題	・イニシャルコストが高く、導入障壁と ・事業主体者は誰で、どのような座組みでサービスを実現するか ・収益性をいかにして担保するか

2020年度事業：検討機体一覧

＜有力メーカーの動向＞

- 国内では、サイトテック、マゼックス、SkyDrive、PRODRONEが10～30kg前後を運搬できる機体を製造
- 海外では、Volocopter（ドイツ、200kg）、GRIFF（ノルウェー、135kg）、DDC（カナダ、180kg）などがある

企業名	機種名	最大荷重	最大速度	耐風性能	飛行時間	サイズ	重量	URL
SkyDrive	CargoDrone	30kg	40km/h		15分	W1300mm D:1700mm H:1000mm	25kg	https://skydrive2020.com/cargo-drone
サイトテック	1500F	20kg	60km/h		10分	W:1633mm D:1432mm H:672mm	13kg	http://www.saitotec.com/newdrone/#payload
サイトテック	KATANA1750	80kg	30km/h		7.5分	W:1870mm D:1650mm H:930mm	30kg	http://www.saitotec.com/newdrone/#payload
PRODRONE	PD6B-Type2	30kg	60km/h	12m/s	10分	W:1874 D:2060 H:474mm	19.5kg	https://www.prodrone.com/jp/products/pd6b-type2/
Blue Bee	Xylocopa3020	50kg	65km/h	13m/s	20分 (30kg搭載)	W:2600mm H:780mm		https://www.blue-bee.co.jp/

2020年度事業： みかん輸送に選定した機体

- 採用機種

- SkyDrive社のCargoDroneを採用
 - ペイロードの異なる機種から30kg機を採用

- 検証項目

- 現場への機体運搬等の運用の実行性
- 離発着に必要な空間条件と現場の適合性
- 現場と集荷所の往復に関する運搬性能
- ユーザー観点での操作性や安全性



2020年度事業：現場の状況確認と離着陸場の設定

ご協力いただいた矢郷農園様に訪問して離発着に必要な広さや、機体性能を踏まえた上で、実際に運搬したい距離感のご希望を元に検討した飛行経路



2020年度事業：飛行経路の設定

- ドローンメーカー、パイロットと同行し、周辺の実環境を考慮したうえで、電線を避ける等の安全性の担保を考慮し、再検討した飛行経路



<ポイント>

- 着陸地点までの道路が広い
- 「収穫場所から集荷場所」への経路が設定可能

2020年度事業：現場レイアウト（人員配置）

- 計画策定のために実施した実証実験時の人員配置



本部

全体支援1名
撮影1名
撮影補佐1名
運行管理システム（GCS）1名

農園

操縦者1名
安全運航管理者1名

集荷所

操縦者1名
補助者1名

※補助者は左図の位置にて、自動車や通行人への交通整備を行う。



操縦者



安全運航管理者



GCS



補助者

2020年度事業：検証飛行の様子（往路）

①



②



③



④



⑤



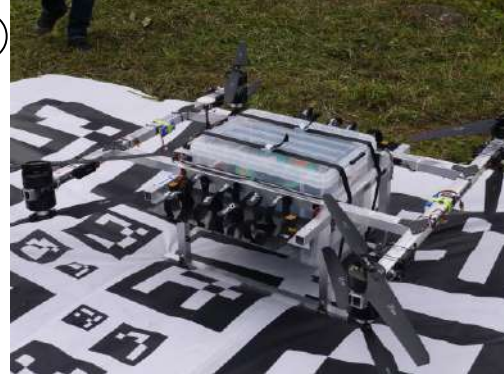
⑥



⑦



⑧



2020年度事業：検証飛行の様子（復路）

①



②



③



④



⑤



⑥



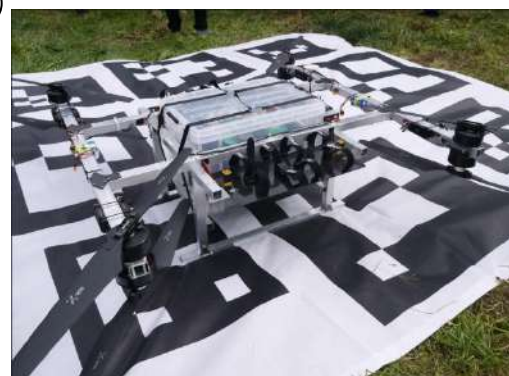
⑦



⑧



⑨



2020年度事業: 検証結果

• 機体・運用事業者・環境を観点に検証を実施

• 改善検討が必要な項目は4点であった

- 自動飛行(今回は実験機を用いたため、手動飛行にて検証した)
- 機体重量(実験機は10kg程度でだったが、商品版は3倍ほどの想定、軽量化が必要可能性有)
- みかんかごの持ち運び仕様(作業効率化のために、ウィンチ等での運搬が必要)
- ドローンポートの仕様(斜面对応、可搬性、機体誘導等)

観点	検証目的		検証項目数
機体	採算性のある飛行は可能か		5
	安全な飛行は可能か		4
運用事業者	採算性・安全性のある運用は見込めるか	準備段階	5
		積み込み・積み下ろし段階	4
		操縦段階	1
		管理段階	2
環境	安全な飛行は可能であるか	離着陸時	3
		飛行時	4
		その他	2

2020年度事業：経済的な面についての見解

- 事業スキームについての矢郷農園様の希望
 - 複数のみかん農家による機体の共同購入・共同利用を希望している
 - 初期導入時、不足するコストについては、補助金の活用を想定している
 - 農作業にドローンを使用しない期間については、地域の他の事業者へのレンタルによる収入獲得が実現すれば、理想的な状態となると考えている
 - ただし、農作業を行わない曜日、季節、時間帯を考慮した住み分けを考慮することが必須条件となる
- ドローンに投下できるコストの想定についての参考情報
 - 標準的なモデルとしては、一日の収穫作業量は200kg、売上規模としては6万円
 - 農家自身が機体を所有せず、都度利用の前提でレンタルすると仮定した場合、一日あたりのレンタル料金として想定できる金額の上限は2万円との見解
 - この金額を超えると、農家としての収益化は不可能となり、利用できないとの認識

2020年度事業:ドローン導入の将来像についての見解

- 将来的な機体の機能・性能改善後の未来像としての期待
 - バッテリーの性能向上による稼働時間、飛行距離の改善
 - より広範囲な飛行の自動化(自宅から農作業現場まで移動する軽トラックの上空を自動追尾や、スマートフォンアプリで呼び出すと収穫作業地点まで自動飛行できる機能等)
- 地域の農業振興の観点における期待
 - 農業従事者の高齢化による耕作放棄地の問題が地域の課題となっている
 - 実際に、近年、近隣の農家が高齢化により担えなくなったとして、農地を借りる形で維持する事例が継続的に発生している
 - 収穫作業に適していない場合は、農園の改修等の初期投資が必要になるが、ドローンによって収穫が効率化できれば、耕作放棄地の再活用がしやすくなる



本事業に対する評価

実験を通じて得られたデータに対する評価

評価：計画策定に向けた対応方針と実施結果

課題	詳細	対応方針	実施結果
現場の 地理的条件	・急斜面 ・周辺環境 ・新幹線沿線	・2回の現場下見を実施し、飛行ルートを検討する ・飛行実験で妥当性を実際に検証する	・予定通り検証実施が完了し、想定したユースケースの実現可能性を確認できた
ドローンの 物理的制約	・飛行時間 ・耐荷重	・農家の経営状況及び業務実態をヒアリングしたうえで、それを満たすドローン機体の性能について検討を行う ・飛行実験で妥当性を実際に検証する	・Skydrive社の実験機を用いて検証を行い、妥当性があることを確認できた
ドローンの 経済的制約	・初期導入コスト	・まずは今年度の飛行実験を終えたうえで、生産性向上がどのように実現されるかの定量、定性の両面での評価を行う ・加えて、今後の新機種投入や価格帯の推移を鑑みた上で最適な機種と時期を検討する	・導入が可能となる投資、費用の上限イメージについてはヒアリングができた ・実際の機体提供価格については今後の重要課題であるとの認識を共有した
運用時に想定 される課題	・飛行技術の習得と維持 ・事故対策と安全性	・まずは農家様に実際の機体と飛行する状況を現場で確認いただき、見解を得る ・その上で、技術習得や運用上の課題をヒアリングし最終的な導入方法を提言する	・離着陸時の自動化が実現できれば運用可能との見解を得ることができた
事業化の観点 における課題	・事業主体者と座組み ・収益性	・複数農家での機体シェアをすることで導入のハードルを下げることを想定している ・加えて、農閑期での地域の他の事業者へのレンタルサービスの実現性をアンケートを実施し検討する ・他県の類似の課題を持つ事業者への価値提供による収益の獲得についても実現可能性を検討する	・地域の他事業者からの収益獲得については有望な案を得ることができた ・実際の事業化スキームについては今後継続して協議する必要がある

評価：導入コスト試算

単位：千円

項目	楽観シナリオ	中間シナリオ	悲観シナリオ
機体調達			
機体 本体価格	3,000	6,000	15,000
機体カスタマイズ費用	500	1,000	1,500
予備バッテリー等 周辺機器購入費用	250	500	1,000
環境整備			
ドローンポート設置等のインフラ整備	0	250	500
ドローン運搬のための軽トラック改造	300	400	500
導入費用			
ドローン免許取得	200	300	400
ドローン保険加入	50	100	150
導入初期費用 合計	4,300	8,550	19,050

※各費用は、現行の中型機の販売価格等をもとにした想定値

※いずれのシナリオにおいても、資金調達方法は以下を想定

- ・事業主体者自身の出資
- ・次年度以降の環境省補助金（事業費の半額補助）
- ・レンタルサービスの契約獲得による売上

※現時点で注意すべき課題としては、導入コストが「悲観シナリオ」の場合で、かつ、事業主体者が農家である前提で事業化を行う場合、レンタルサービス等による収益化が計画段階で織り込み済みであることが必須条件となると予想される

評価：策定した計画により期待される効果（運搬車とのリプレイス時）

現状	作業手順	①みかん20kgをかごへ収穫 	②運搬車へ運ぶ 	③運搬車へかごを載せる 	④運搬車で移動する 	⑤かごをトラックに積む 	⑥トラックで移動し、集荷所で積み下ろす 	⑦収穫場所に戻る 
	所要時間	25分	5分	1分	30分	5分	20分	5分
導入後	作業手順	①みかん20kgをかごへ収穫 	②ドローン呼び、かごをセットする 	③集荷所まで運ぶ 	④集荷所にて積み下ろす 	※別途バッテリー交換等で30分を計上		
	所要時間	25分	2分	2分	1分			

みかん900kgの収穫の場合

※運搬車が一回あたり300kgのため、簡単のため一日900kgにて計算
※各数値は農家へのヒアリングをもとにした概算値

- ・現状 : 「①～③の作業の15回繰り返し + ④～⑤」を3回 + ⑥ + ⑦ = 1525分 = 25時間25分
- ・導入後 : ①～④の作業の45回繰り返し + バッテリー交換等 = 1380分 = 23時間

ドローンを活用することで、2時間25分/日の時間削減が可能となる。

評価：期待される効果（手運びとのリプレイス時）

現状	作業手順	①みかん20kgをかごへ収穫 	②トラックへ運ぶ 	③トラックで移動し、集荷所で積み下ろす 	④収穫場所に戻る 
	所要時間	25分	25分	30分	10分
導入後	作業手順	①みかん20kgをかごへ収穫 	②ドローン呼び、かごをセットする 	③集荷所まで運ぶ 	④集荷所にて積み下ろす 
	所要時間	25分	2分	2分	30秒

みかん900kgの収穫の場合

- ・現状 : 「①～②の作業の15回繰り返し+③～④」を3回繰り返し = 2370分 = 39時間30分
- ・導入後 : ①～④の作業の45回繰り返し = 1380分 = 23時間

ドローンを活用することで、16時間30分/日の時間削減が可能となる。

期待される効果のまとめ

- 現状のドローン性能での試算
 - 月間2.5tのみかんの収穫量の場合で試算
 - 運搬車と手運びでの対応をドローンにリプレイスしたと仮定
 - 月間の削減工数は98時間となることが期待できる
 - 時給1,500円と仮定すると、人件費削減額としては、147,000円

運搬方法	月間の収穫量	工数削減見込み
モノレール	2.5t	削減なし
運搬車	20t	53時間
手運び	2.5t	45時間

- 今後ドローンの航行可能時間が改善された場合
 - 収穫作業中にドローンを上空に待機させることが可能になると仮定すると
 - すべての作業場所での削減
 - 収穫作業リードタイムの削減
 - 等の効果が期待でき、工数削減規模の期待としては、上記の3倍程度が見込める

ドローン物流の 社会実装に向けて

技術、制度、社会的受容性に関する課題の認識と解決にむけた取り組み

社会実装に向けて:事業化に向けた試算(分析)

•事業スキームについて(農園の希望)

- 複数のみかん農家による機体の共同購入・共同利用を希望している
- 初期導入時、不足するコストについては、補助金の活用を想定している
- 農作業にドローンを使用しない期間については、地域の他の事業者へのレンタルによる収入獲得が実現すれば、理想的な状態となると考えている
- ただし、農作業を行わない曜日、季節、時間帯を考慮した住み分けを考慮することが必須条件となる

•ドローンに投下できるコストの想定についての参考情報

- 標準的なモデルとしては、一日の収穫作業量は200kg、売上規模としては6万円
- 農家自身が機体を所有せず、都度利用の前提でレンタルすると仮定した場合、一日あたりのレンタル料金として想定できる金額の上限は2万円との見解
- この金額を超えると、農家としての収益化は不可能となり、利用できないとの認識

社会実装にむけて：事業化に向けた将来への期待

- 将来的な機体の機能・性能改善後の未来像としての期待

- バッテリーの性能向上による稼働時間、飛行距離の改善
- より広範囲な飛行の自動化（自宅から農作業現場まで移動する軽トラックの上空を自動追尾や、スマートフォンアプリで呼び出すと収穫作業地点まで自動飛行できる機能等）

- 地域の農業振興の観点における期待

- 農業従事者の高齢化による耕作放棄地の問題が地域の課題となっている
- 実際に、近年、近隣の農家が高齢化により担えなくなったとして、農地を借りる形で維持する事例が継続的に発生している
- 収穫作業に適していない場合は、農園の改修等の初期投資が必要になるが、ドローンによって収穫が効率化できれば、耕作放棄地の再活用がしやすくなる

社会実装に向けて：解決すべき課題と実用化に向けた論点

課題	詳細	実施結果	実用化にむけた要点
現場の 地理的条件	・急斜面 ・周辺環境 ・新幹線沿線	・ 飛行ルートについては問題なく設計可能であることが確認できた	・ 実用化に向けては2022年予定の法改正による目視外飛行についての規制緩和が必須である（飛行時に配置できる人員の観点）
ドローンの 物理的制約	・飛行時間 ・耐荷重	・ Skydrive社の実験機を用いて検証を行い、妥当性があることを確認できた	・ 飛行時間と耐荷重については、継続的な改善が必須である
ドローンの 経済的制約	・初期導入コスト	・ 導入が可能となる投資、費用の上限イメージについてはヒアリングができた ・ 実際の機体提供価格については現状未定	・ 期待の提供価格の動向と、それを踏まえた保有と利用の事業スキームの構築が重要である
運用時に想定される 課題	・飛行技術の習得と維持 ・事故対策と安全性	・ 離着陸時の自動化が実現できれば運用可能との見解を得ることができた	・ 現時点では大きな課題は発見されていないが、自動化の範囲や期待誘導の仕様等の詳細検討が今後必要である
事業化の観点における 課題	・事業主体者と座組み ・収益性	・ 地域の他事業者からの収益獲得については有望な案を得ることができた ・ 実際の事業化スキームについては今後継続して協議する必要がある	・ 初期導入コストが「悲観シナリオ」またはそれに準じる水準となる見通しとなった場合は、渋滞緩和のシナリオを元にスキーム参加企業を募る必要性がある

社会実装にむけて：制度整備の見通しと当事業のロードマップ

	2021年度	2022年度	2023年度
国としての環境整備の見通し	法改正準備	法改正施行	
ユースケース及び要求仕様の詳細化	- 矢郷農園様敷地での自動航行経路策定 離発着拠点及び機体誘導方法の仕様確定 - 運搬カゴ、ウィンチ等の仕様策定	離発着拠点の準備	継続的な改善
機体及び関連アプリケーション等の準備	随時メーカーと連携し、必要に応じた開発、またはカスタマイズ等を依頼	- 機体納品 アプリケーション開発 - 運用開始	運用
事業スキーム構築	- 提供価格や提供形態の決定 - レンタルサービスの提供先事業者の開拓	運用開始	地域の他事業者や他地域への横展開