

過疎地域におけるドローン物流の 更なる発展に向けて

神戸大学
松林洋一研究会
都市交通③
河上友哉
小森真那
中道遥希
正岡千咲

2024 年 11 月

要約

現在、我が国では 2024 年の法改正に伴い、トラックドライバーを中心とする物流の労働者不足が課題となっており「物流の 2024 年問題」に直面している。これにより、輸送力が低下することで、重要な社会インフラである物流が滞ることが懸念される。特に、過疎地域では、人口減少に伴う物流人員不足や物流の最終拠点から顧客に届くまでの「最後の 1 区間」を指すラストワンマイルが遠いという問題を抱えており、物流配送が非効率に行われている。この非効率性は、生活支援サービスの対応困難や物流コストの増加を招くだけでなく、さらなる人手不足を引き起こし、物流サービスの持続可能性を脅かす恐れがある。ゆえに、「過疎地域物流の効率化」は早急に取り組むべき課題であり、これを問題意識とする。

本稿では、ドローン物流を導入することが過疎地域の物流の効率化の一助になるとし、リサーチクエスチョンとして「過疎地域にドローン物流を導入する際の障壁」を問う。ドローンは人間による運転や管理が必要な従来の配送手段とは異なり無人運航が可能のため人手不足に対応でき、また空からの配送を行うためトラックでは配送が困難な離島や山間部等であっても地形の影響を受けず効率的な配送が可能である。さらに、過疎地域物流の抱える大きな問題であるラストワンマイルの削減にも期待できる。このような特徴を持つドローン物流を過疎地域に導入するべく、本稿ではドローン物流を導入する際の障壁について 2 つの仮説を置いた上で定量分析と定性分析、事業者へのヒアリング調査から明らかにする。

先行研究では、ドローン物流導入にあたっての障壁に関する先行研究を調査した。しかしながら先行研究の限界として、国内におけるドローン物流導入の障壁に関する分析を行った論文は少なく、また過疎地域に焦点を当てた論文もほとんど存在しない。それに加えて、数少ない論文の中でも自治体や事業者などのドローン物流を導入する側の課題や懸念点について着目した研究が多くを占め、導入される地域住民側のドローン物流に対する認識に着目している論文が少ない。したがって、(1) 国内の過疎地域におけるドローン物流を導入する際の障壁について着目していること (2) ドローン物流に対する地域住民側の認識にも着目していることが本稿の新規性である。

分析としては定量的な分析を 1 つ、定性的な分析を 2 つ行う。定量分析では二項選択プロビットモデルを採用し、市町村別のクロスセクションデータを用いて、過疎地域におけるドローン物流導入に対する障壁を分析した。推定した結果、財政力を有する自治体ほどドローンを導入しており、導入の費用的負担が障壁となっていることが明らかになった。また仮説 A に関する定性分析では、ドローン物流を導入する際の障壁である費用について考察を深めることを目的に、自治体へのアンケート調査を行った。その結果、自治体はドローン物流の導入にかかる費用の中でも、特に初期費用や

維持費に懸念を抱いていることが明らかになった。仮説 B に関する定性分析では、地域住民のドローン物流に対する抵抗が導入に影響を与えている可能性について検証すべく、地域住民へのアンケート調査を行った。そこで、地域住民はドローン物流に対する抵抗の中でも、特に「墜落の可能性」に懸念を抱いていることが明らかになり、またドローン物流に対して知識がある人の方がドローン物流の導入に対して寛容であることが示唆された。また事業者へのヒアリング調査から、実証実験を行う際の自治体と事業者のマッチングフローや技術面の課題への考察を深め、ドローン物流導入時に必要となる申請の煩雑さや申請窓口の複雑化が導入に影響を与えている可能性が示された。

以上の結果を踏まえ、以下の政策提言を行う。

【政策提言Ⅰ：ドローン機体の貸出・メンテナンスの無償化】

【政策提言Ⅱ：ドローン航路の整備の推進】

【政策提言Ⅲ：展示ブースの設置】

まず、ドローン物流導入の際の大きな懸念点である初期費用と維持費を削減することを目的として、ドローン機体の貸出とメンテナンスを国が行うことを提言する（政策提言Ⅰ）。そして、実証実験の際に必要な申請を簡素化し、また導入にかかる費用や安全面にもアプローチすることのできるドローン航路の整備を提言する（政策提言Ⅱ）。さらに、ドローン物流に対する地域住民からの理解を得ることを目的として、展示ブースの設置を提言する（政策提言Ⅲ）

以上 3 つの政策提言を実施することで、過疎地域におけるドローン物流導入時の障壁の軽減が期待される。それにより、過疎地域においてドローン物流の導入が促進され、本稿のビジョンである「過疎地域物流の効率化」が達成される。

目次

第1章 現状分析・問題意識

- 第1節 過疎地域の物流について
 - 第1項 日本の物流の現状
 - 第2項 過疎地域の現状と物流の課題
- 第2節 ドローン物流について
 - 第1項 ドローン物流とは
 - 第2項 貨客混載・共同物流・自動運転物流との差異
 - 第3項 国内における導入の変遷
 - 第4項 過疎地域のドローン物流の現状
- 第3節 ドローン物流のメリットと懸念点
 - 第1項 ドローン物流のメリット
 - 第2項 ドローン物流の懸念点
- 第4節 過疎地域におけるドローン物流について
 - 第1項 ドローン物流の可能性
 - 第2項 実際の事例
- 第5節 問題意識

第2章 先行研究及び本稿の位置づけ

- 第1節 先行研究
- 第2節 本稿の意義

第3章 分析

- 第1節 分析の方向性と仮説
- 第2節 仮説Aに関する定量分析
 - 第1項 分析の概要とモデル
 - 第2項 分析対象に自治体を採択した理由
 - 第3項 変数選択と出典・仮説
 - 第4項 推定結果及び結果の解釈
- 第3節 仮説Aに関する定性分析
 - 第1項 ヒアリングの枠組み
 - 第2項 自治体に対するアンケート調査結果
 - 第3項 定性分析に関する考察
- 第4節 仮説Bに関する定性分析
 - 第1項 住民アンケートの枠組み
 - 第2項 アンケート調査の結果
 - 第3項 定性分析に関する考察
 - 第4項 地域住民のドローン物流に対する抵抗に関する分析
- 第5節 事業者へのヒアリング

- 第1項 ヒアリングの枠組み
- 第2項 ヒアリング結果
- 第3項 ヒアリング考察

第4章 政策提言

- 第1節 政策提言の方向性
- 第2節 政策提言
 - 第1項 ドローン機体の貸出・メンテナンスの無償化
 - 第2項 ドローン航路の整備の推進
 - 第3項 展示ブースの設置
 - 第4項 政策提言のまとめ

おわりに

参考文献・データ出典

第1章 現状分析・問題意識

第1節 過疎地域の物流について

第1項 日本の物流の現状

物流は国民生活や経済を支える社会インフラである。国内貨物輸送量では、自動車での輸送量が約半数を占めており、自動車が物流業界の支柱となっている。しかし、以前からトラックドライバーの長時間の荷待ちや契約にない附帯作業等による長時間労働が問題視されていた。これらを受け、2024年度の法改正により、物流における労働時間の上限制限が設けられた。さらに、改善基準告示によりドライバーの労働時間と休憩時間を合わせた拘束時間等が強化されたことで、トラックドライバーの働き方が見直された。しかし、トラックドライバーをはじめとする物流業界の人手不足が深刻化している中で、労働時間の制限によって輸送力が低下し、物流が停滞することが懸念されている。これがまさに我が国が直面している、「物流の2024年問題」である。労働時間の制限や労働者不足に加え、新型コロナウイルス感染症の影響による、インターネットサービスの需要増加から宅配便の取り扱い個数も増加傾向にあるため、物流における労働力不足はますます深刻化している。また、トラック輸送の担い手は全産業平均よりも中年層の割合が高く、中長期的に急速に担い手が減少することが懸念されている。これらの理由により、今後物流業界では、今以上に労働力不足が顕在化し、課題となるため、持続可能な物流ネットワークの構築が必要である。

第2項 過疎地域の現状と物流の課題

日本の過疎地域は、人口では全国の9.3%を占めるに過ぎないが、市町村では半数近く、面積では国土の約6割を占めている。また、総面積に対する過疎地域の面積の割合は増加傾向にあり、人口減少が続いている。さらに、過疎地域の65歳以上の高齢者階層の構成比は39.7%と、全国の構成比の28.0%を上回っており、高齢化が進行している。

また、過疎地域は自主財政に乏しく、脆弱な財政構造にあることが特徴としてあげられる。総務省は「過疎関係市町村の歳入に占める地方税収割合は12.6%で、全国の29.3%に比べて著しく低い。また、市町村の財政力を示す指標である財政力指数をみると、令和3年度における全国の平均は0.50であるのに対し、過疎関係市町村の平均は0.26となっている。」と示している。

過疎地域では、人口減少に伴い物流人員が不足していることが課題である。それに加え、買物困難者の数が多く、宅配サービスの需要が増加している。その要因として、交通手段の制約、車を運転しない者の増加、スーパーへの距離が遠いことなどが挙げられる。

また、過疎地域の荷物1つ当たりのトラックの配送距離が都市部に比べて約6倍であり、非効率な配送が行われている。その最も大きな原因となっているのが、ラストワンマ

イルの遠さである。物流におけるラストワンマイルとは、物流の最終拠点から顧客に届くまでの「最後の1区間」を指す。例えば、消費者の家の近くの配達営業所から消費者の自宅までの配送区間がそれにあたる。過疎地域では、地域内の建物の地理的分散が加速しているため、ラストワンマイルが遠い傾向にある。それに伴い、荷物1つあたりの費用も高くなることが課題である。

第2節 ドローン物流について

第1項 ドローン物流とは

ドローン物流は、ドローンを活用して輸送することであり、従来のトラック配送に代わる新たな輸送方法である。宅配便や郵便のほか、買物支援、医療品配送、農林水産物の輸送などを行っている。さらに、ドローンは過疎地域、山間部、離島、被災地などのトラックでの配送が困難な地域へ空路を使って輸送することが可能であることも特徴だ。

ドローンを飛ばす上で、エリアや飛行方法を制限する「飛行レベル」がある。現在は大きく4つの飛行レベルがあり、無人航空機の飛行において判断の区切りとなる。飛行レベルは下記の図表1が示す通り定義される。

図表1 ドローンの飛行レベル

レベル1	目視内での操縦飛行
レベル2	目視内での自動・自律飛行
レベル3	無人地帯での目視外飛行
レベル4	有人地帯（第三者上空）での目視外飛行（補助者の配置なし）

出典：国土交通省「ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver. 4.0」より筆者作成

第2項 貨客混載・共同物流・自動運転物流との差異

本項では、物流業界の人手不足緩和を目的とした貨客混載や共同物流、自動運転物流とドローン物流との違いについて考えていく。まず貨客混載とは、貸切・乗合バスやタクシー、トラック等が旅客又は貨物の運送に特化してきた従来のあり方を転換し、旅客と貨物を同時に乗せ目的地に向かうというものである。メリットとして、人とモノを効率よく運搬できることや物流コストの削減が可能であることがあげられる。その一方で、物流会社と輸送会社が協力して取り組む必要があるため業務が複雑化する。具体的には、業務の段取りや担当者間の調節、認識や意識の共有が求められるほか、交通機関のダイヤに合わせ

たスケジュール調節が難しい点や限られたスペース内での効率的な配置が必要になる点が複雑化の要因である。

次に共同物流とは、各物流会社の荷物をある物流拠点で集め、ある会社が代表して全ての荷物を運ぶというものである。メリットは、一括配送による人件費や燃料費などのコスト削減やトラック一台に対する積載率の向上である。しかし、複数の企業が協働することによる企業間のトラブルが発生する可能性があることが懸念点である。

最後に自動運転物流とはトラックに荷物を載せ、自動で輸送することである。日本では、世界で初めて特定の条件下でのみ完全自動運転が可能であるレベル4を実現した。今後レベル5の完全自動運転が実現することで、ドライバーが不要となり労働者不足の解消に寄与するだけでなく、自動運転車の相互通信による最適なルート選択によって渋滞の緩和・解消も期待できる。一方で、技術的課題が多い。具体的には、走行空間の把握や状況の予測・判断、障害物の認識が主な課題として挙げられる。以上を踏まえ、ドローンと貨客混載や共同物流、自動運転物流の比較を図表2のようにまとめた。

図表2 ドローン・貨客混載・共同物流・自動運転物流の比較

	ドローン物流	貨客混載	共同物流	自動運転物流
主な輸送手段	ドローン	貸切・乗合バス、トラック、タクシー	トラック	トラック
運用経路の柔軟性	高い 空からの輸送を行うため	低い 本業の旅客運送業との兼ね合いがあるため	低い 複数の事業者との相談で決めるため	高い 既存の広範囲な道路網を利用できるため
主な活用状況	山間部、遠隔地、過疎地域	過疎地域	全国	全国
現在の運用状況	試験的、または限定的な運用のみ			
法制度の程度	いまだ飛行場所や飛行方法等に厳しく制限があり高い	制度改正が行われ規制緩和が進んだため低い	運送業法などに注意する必要があるが低い	トラックの装備基準や走行方法等に制限があり高い

筆者作成

(注)

「貸切」と「乗合」の違い

貸切... 旅行者などが複数の客をとりまとめて一個の貸切契約を結ぶ

同じ車両には、1つの団体のみ (例: 観光バス等)

乗合... 個別に運送申し込み・運賃支払い

同じ車両に複数の客が「乗り合わせ」 (例: 市バス等)

第3項 国内における導入の変遷

ドローン物流の社会実装に向けては、2018 年度に国の調査事業として全国 5 地域で実証実験が行われたほか、2019 年度にはドローン物流ビジネスモデルの構築に関する基本的な考え方がとりまとめられた。これらを受け、さらに、2020 年度からはドローン物流の実用化に向けた計画策定や機体の導入等に対する支援が国により行われているほか、全国各地で多様な実証事業が進められている。2022 年 12 月には改正航空法が施行し、ドローンの有人地帯における補助者なし目視外飛行（レベル 4 飛行）が可能となった。

第4項 過疎地域のドローン物流の現状

後述するが、ドローン物流は過疎地域での様々な物流問題を解決でき、他の物流手段にない特徴があることから、本稿では過疎地域での物流手段としてドローン物流に着目する。そのような議論の前提として、過疎地域におけるドローン物流の現状を述べる。現在、ドローン物流の実用化に向けた計画策定や機体の導入等に対する支援が国により行われているほか、全国各地で多様な実証事業が進められている。また過疎地域では、物流網の維持や買い物難民の救済、医薬品の配送を目的にドローン物流が期待されている。しかし過疎地域では、ドローン物流に対する懸念がありドローン物流を導入できていない地域が多く存在する。詳しくは後述するが、アンケート調査からアンケートに回答した約 68%の自治体がドローン物流を導入できていないことが明らかになった。

第3節 ドローン物流のメリットと懸念点

第1項 ドローン物流のメリット

ドローンには多くのメリットがあるが、本稿では以下の3つをメリットとして挙げる。

(1) 効率的な配送の実現

ドローンによる配送は交通渋滞や道路状況に左右されず、配達速度が向上する。また、ドローンはトラックと異なる点として最短ルートでの配送が可能であり、離島や山間部等でも地形によらず効率的な配送を行うことができる。そして、建物同士が離れていたり立地が悪くトラックのモノの輸送効率が低下する地域においても、ドローンは空から配送を行うため、ラストワンマイルの削減に大きく寄与する。

加えて、特定のエリアや特定の種類の荷物に特化することができ、よりターゲットを絞った効率的なサービス提供が可能になる。例えば、軽量で小型の荷物を短時間で配送することに特化し、最適化された運用ルートで配送することで、特定のニーズに対して高い効率性を実現する。

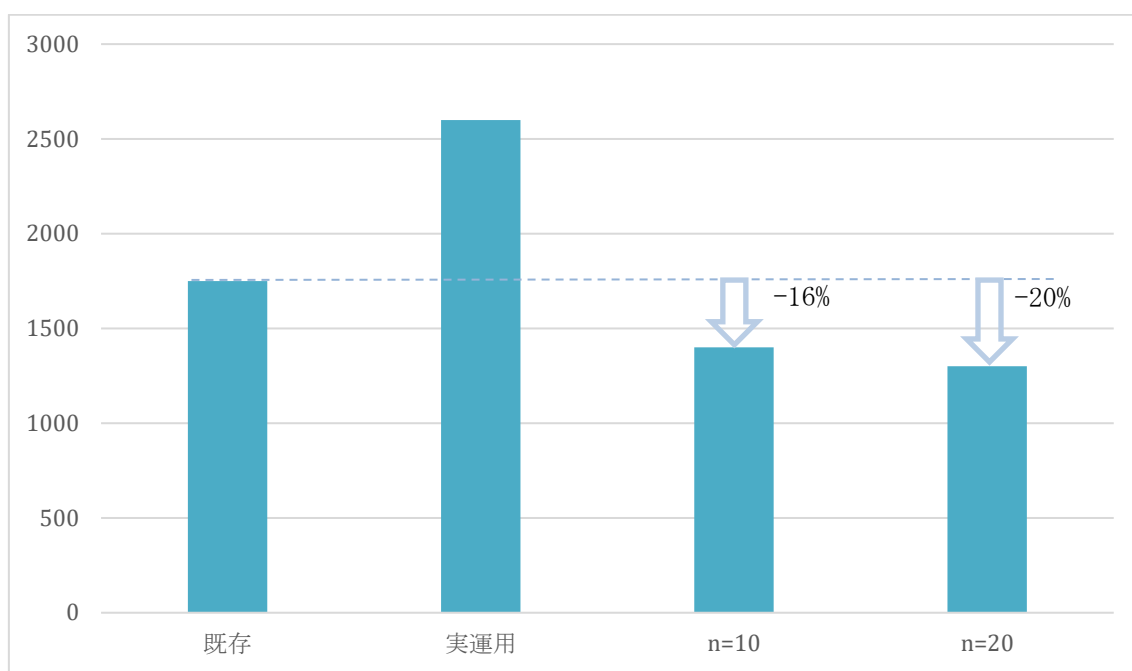
(2) ドライバー不足の解消

少子高齢化や物流の担い手不足だけでなく、EC（電子商取引）の普及で宅配ニーズが増加したことを背景にドライバー不足が深刻化している。さらに、2024 年 4 月以降は自動車運転業務の時間外労働に上限規制が変更されたことで、さらなる人手不足が起こる恐れがある。しかしドローンは自動化されたシステムにより運航を行い、また将来、一人の責任者が複数機体の監視を行う一対多運航や一台のドローンにその他の機体が追従する複数編隊飛行が実現すると、人間による運転や管理が必要な従来の配送手段と比較して人員を大幅に削減することができる。したがって、ドライバーの人手不足の解消が期待される。

(3) コスト削減

ドローンを用いた物流のメリットとしてコスト削減が挙げられる。従来の配送手段に比べ車両の維持費や燃料費を大幅に削減することができ、これは長期的に物流コストを低減し、経済的な効率性を向上させる可能性を持つ。一般的な陸上輸送手段では、トラックやバンなどの維持費やガソリンやディーゼルなどの燃料費が大きな経費となってしまうのに対して、ドローンはその小型かつ軽量の設計により、これらのコストを大幅に削減できる。特にドローンは電気を動力源としており、化石燃料に依存する従来の輸送手段と比較して運用コストが低く、二酸化炭素の排出が極端に少ないため環境に優しいという利点がある。また、先述した一対多運航や複数編隊飛行が実現し人員が削減されると、人件費を大幅に減らすことができる。国土交通省によると、1 人当たり 20 基の多運航が実現した場合、配送 1 回あたりのコストは約 20%減少することになった。

図表 3 配送 1 回あたりのコスト比較（円/回）



(注)n=10、n=20 はそれぞれ 1 人当たり 10 基、20 基の多運航を表す。

出典：国土交通省「令和5年度 無人航空機等を活用したラストワンマイル配送実証事業」より筆者作成

第2項 ドローン物流の懸念点

ドローン物流の懸念点として、以下の4点を挙げる。

(1) 安全性

もっとも懸念すべき点は、ドローン運用時における安全面である。トラックを用いた配送でも安全性の確保は最重要事項であるが、空を飛ぶドローンはより安全性への配慮が求められる。万が一ドローンが墜落したとなると、甚大な事故につながる恐れがあるからだ。また、天候の変化にも注意しなければならない。突然の豪雨や雷雨などによりドローンの運航に影響を及ぼすケースが考えられる。機体の故障やそれに伴う墜落事故の発生も考えられるため、飛行前に天気予報を確認するなどの対応が必要となる。その他にも盗難といったセキュリティ面にも注意したい。配送中の無人ドローンを狙って荷物を盗まれたり壊されたりする可能性はもちろん、ドローンそのものが盗まれてしまう可能性もあるため配送中のサポート体制の整備も必要となる。

(2) 住民のプライバシー

ドローンによる配送はプライバシーの侵害のリスクを伴う。特にカメラやセンサーが搭載したドローンは飛行中に私有地や住宅を撮影する可能性があり、プライバシー侵害となる恐れがある。この問題に対処するためには、撮影可能な場所や条件、収集されたデータの使用に関するルールなどのプライバシー保護に関する明確なガイドライン策定が必要である。

(3) 法規制

ドローン配送を行うにあたっての法規制の問題に関して3つの観点からまとめてみる。まず1つ目は、飛行場所に制限があることだ。航空法や民法、道路交通法などにより飛行が禁止されている領域がある。一例として、国から許可を得ることにより飛行可能にはなるが、空港の周辺や人口集中地区の飛行は禁止である。2つ目は、飛行方法である。飲酒しての飛行や他人に迷惑をかけるような飛行はもちろん禁止である。その他夜間の飛行や目視外の飛行に関しても承認を得なければならないという課題がある。3つ目は、操縦する機体である。2022年から重さ100g以上のドローンが航空法での規制対象となった。該当の条件に当てはまるドローンは国土交通省に申請しなくてはならない。このような法規制がある中で、どのようにドローン配送を行うかを検討することが重要となっている。

(4) GPSの精度とバッテリー・積載量の課題

GPS の精度が低いと違う住所に荷物が届いてしまう恐れがあるため、個人宅に確実に荷物を配送するためには、GPS の精度が重要となってくる。また、ドローンのバッテリーも限りがあるため、配送途中でバッテリー切れを起こして墜落してしまうことがないように、十分な飛行時間を確保できるバッテリーが必要となる。さらに、トラックは積載量も多いが、小型のドローンでは積載量も少なくなってしまうため、一度に多くの荷物を運べないという課題も存在する。

第4節 過疎地域におけるドローン物流について

第1項 ドローン物流の可能性

過疎地域における物流は、人口減少に伴うドライバーの担い手不足やラストワンマイルが遠いという課題を抱えており、配送が非効率に行われていることが分かった。このような中、先述の通りドローン物流は（1）効率的な配送の実現（2）ドライバー不足の解消（3）コスト削減といったメリットを持つ。ここから、ドローン物流は過疎地域においてトラック物流に代わる新たな物流としての利用可能性があると考ええる。

第2項 実際の事例

長野県伊那市では「中山間地域における買い物困難者の支援」や「地域経済の振興」を目的とし、ドローン物流を行っている。伊那市へのヒアリングの結果、地域配送拠点から最寄りの公民館へ日用品等を配送して、住民が公民館へ荷物を受け取りに行くそう。取りにいけない場合はボランティアが配達しているとのことだった。また、利益を出すことをそこまで考えておらず、市の住民の生活支援としてドローン物流を行っているとのことだった。

第5節 問題意識

現状分析より、過疎地域において物流は人手不足やラストワンマイルの遠さといった課題を抱え、物流配送が非効率であることがわかった。物流が非効率になることで、日用品の宅配等の多様化する生活支援サービス等のニーズへの対応が困難になったり、運搬コストが増加することにより物流事業者の負担が増えたりする。さらに荷物一つあたりの輸送距離の増加から更なる人手不足の問題が生じ、物流サービスが持続できなくなってしまう恐れがある。ゆえに、「過疎地域物流の効率化」は早急に取りかかるべき課題であり、これを問題意識とする。

そのような中、本稿ではドローン物流を導入することが過疎地域の物流の効率化の一助になるとし、「過疎地域におけるドローン物流導入の障壁」について問う。先述した通り、ドローンは自動化されたシステムにより運航を行うため、過疎地域の物流が抱える人手不足の解消が期待される。また、ドローンは最短ルートでの配送が可能であり、離島や山間部等でも地形によらず効率的な配送を行うことができる。そして、建物同士が離れていたり立地が悪くトラックのモノの輸送効率が低下したりする地域においても、ドローンは空から配送を行うため、ラストワンマイルの削減に大きく寄与する。このような特徴を持つドローン物流を過疎地域に導入するべく、本稿では導入する際の障壁について定量分析、アンケート調査、ヒアリングから明らかにする。

これらにより、過疎地域におけるドローン物流導入に向けた政策を提言し、国と、物流の持続可能性が低いためドローン物流を導入したいが何らかの要因で導入を躊躇している自治体に対して、導入を促すことを目指す。

第2章 先行研究及び本稿の位置づけ

第1節 先行研究

現状分析から過疎地域にドローン物流を導入することで、過疎地域物流が抱える人員不足とラストワンマイルの遠さという課題を解決できるとした。しかし、先述した通りドローン物流を導入するに当たっては様々な課題が存在する。そこで本節では、ドローン物流導入にあたっての障壁に関する先行研究を示す。

Tadic ら (2024) によると、効率的なラストワンマイル配送はサプライチェーン全体が円滑に機能するために不可欠であり、ラストワンマイル配送において配送スピードやコストはもちろん、環境負荷を抑え社会の持続的な発展を推進することは極めて重要であるとのことだった。つまり、効率的な配送を実現するためには迅速さとコストの最適化を図りつつ、環境保護や社会的な配慮を行うことも必要であり、その中でドローンは効率的なラストワンマイル配送に最適であるため研究者から着目されているが、その将来性は多くの障壁のために不確実であるとされている。そこで本先行研究では、ドローン物流の導入を大きく妨げる障壁を特定するために MCDM モデルを用いて分析し、それらを克服するための戦略を提案しており、ここでドローン物流の主な障壁としてプライバシーの侵害や法律、コストなどが挙げられている。また、最も大きな障壁はドローンの飛行ルールの曖昧さなどといった航空規制の不備であると考察しており、墜落や事故を防ぐための飛行ルールが不十分であるがゆえに、安全性への懸念からドローンの商業利用が制限されている。したがって、ドローンを使用するための正確な規制を定義する必要があると結論付けている。

第2節 本稿の意義

本稿は、過疎地域におけるドローン物流導入に向けた政策を提言し、国と、物流の持続可能性が低いためドローン物流を導入したいが何らかの要因で導入を躊躇している自治体に対して、導入を促すことを目的としている。しかし先行研究の限界として、国内におけ

るドローン物流導入の障壁に関する分析を行った論文は少なく、また過疎地域に焦点を当てた論文もほとんど存在しない。それに加えて、数少ない論文の中でも自治体や事業者などのドローン物流を導入する側の課題や懸念点について着目した研究が多くを占め、導入される地域住民側のドローン物流に対する認識に着目している論文が少ない。

以上の点から、本稿では以下の2点を新規性とする。

1 つ目が、国内の過疎地域におけるドローン物流を導入する際の障壁について着目している点である。

2 つ目が、ドローン物流に対する地域住民側の認識にも着目している点である。

これらを踏まえ本稿では、定量分析・定性分析を通して過疎地域にドローン物流を導入する際に生じる障壁について明らかにしていく。

第 3 章 分析

第 1 節 分析の方向性と仮説

本章では、「過疎地域物流の効率化」を問題意識として、過疎地域にドローン物流を導入する際の障壁を明らかにしていく。本稿では、ドローン物流の導入障壁について 2 つの仮説を立てた。

仮説 A：自治体は費用が障壁となりドローン物流の導入を進めることができない。

Tadic ら（2024）が示すように、ドローン事業を始める際にはドローン本体に加え、ソフトウェア、センサーなど関連技術への投資にコストがかかる。そのため、費用はドローン物流導入の障壁になると考えた。

仮説 B：地域住民がドローン物流に抵抗があるため導入が進まない。

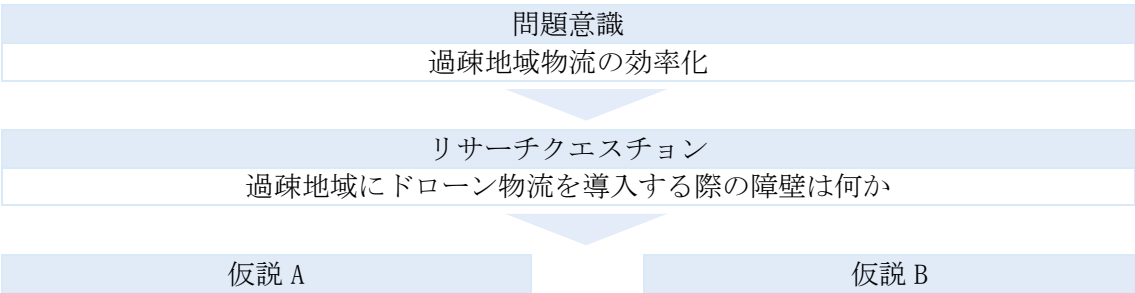
Tadic ら（2024）が示すように、ドローンによる配送を行う際には地上の人や物に関するデータを収集するカメラやその他のセンサーをドローンに搭載する。そのため、プライバシーの観点からドローンに抵抗感を持つ人が多いと考えた。

第 2 節では、仮説 A を検証すべく二項選択プロビットモデルを用いて定量分析を行い、さらに第 3 節では考察を深めるために定性分析を行う。

第 4 節では、仮説 B を検証すべく定性分析を行う。

第 5 節では、現状の事業内容や参入の方法、ドローンの技術面での課題について事業者
にヒアリングを行い、その結果を考察する。

図表 4 分析の枠組み



自治体は費用が障壁となりドローン物流の導入を進めることができない。

地域住民がドローン物流に抵抗があるため導入が進まない。

第2・3節

仮説 A に関する定量分析・定性分析

第4節

仮説 B に関する定性分析

第5節

事業者へのヒアリング調査

筆者作成

第2節 仮説 A に関する定量分析

第1項 分析の概要とモデル

本節では、二項選択プロビットモデルを適用し過疎地域におけるドローン物流導入に対する障壁を分析する。観測対象は日本の総務省が定める過疎地域の要件を満たし、かつドローン物流を実施している自治体から 42 市町村、過疎地域の条件を満たしているがドローン物流を導入していない自治体から 72 市町村の全国で計 114 市町村を採用した。

ドローン物流の導入具合を示す定量データがなかったため、ドローン物流を導入している又は、導入に向けて実証を進めている自治体を 1、ドローン物流を行っていない自治体を 0 と設定するプロビットモデルを採用した。

モデル式は以下の通りである。

モデル式

$$Y_i = \alpha + \beta financial_i + \gamma time_i + \delta forest_i + \epsilon density_i + \mu precipitation_i + u_i$$

i は自治体 ($i=1, 2, \dots, 114$) を表す。

Y_i はドローンの導入度を表しており、 $financial_i$ 、 $time_i$ 、 $forest_i$ 、 $precipitation_i$ 、 $density_i$ 、 u_i はそれぞれ財政力指数、県庁所在地までかかる時間、林野率、人口密度、年間平均降水量、誤差項を表している。

第2項 分析対象に自治体を選んだ理由

本節では、仮説 A を検証するにあたって分析対象に自治体を選択した。その理由として、その地域にドローン物流を導入するか否かの最終的な決定を行うのは自治体であるからである。分析対象として他に、国やドローン事業者等が挙げられるが、いくらこれらの主体がドローン物流の導入を推進したとしても自治体の許可が無ければ導入は進まない。そのため、今回はドローン物流の導入を一番に左右する自治体を対象として分析を行う。

第3項 変数選択と出典

本項では、分析に用いた変数と出典について説明する。

【被説明変数】

- ・ドローン物流の導入度

ドローン物流を導入している又は、導入に向けて実証を進めている自治体を 1、行っていない自治体を 0 とし、その決定要因を分析していく。

【説明変数】

- ・財政力指数

地方公共団体の財政力を示す指標で、基準財政収入額を基準財政需要額で除して得た数値の過去 3 年間の平均値。財政力指数が高いほど、普通交付税算定上の留保財源が大きいことになり、財源に余裕があるといえる。各自治体の予算案を確認したところ、多くの自治体でドローン事業への予算が一般財源から割かれていたため採用した。財源に余裕があれば、ドローン物流の導入を進めることができると思う。

【コントロール変数】

全国に点在する過疎地域の中でも主要エリアが隣接する地域や過疎の程度が軽い地域などは、交通や生活の便が一定以上の水準にありドローン物流の導入に大きく影響する場合がある。ゆえに、このような影響をコントロールすべく、以下の変数を用いた。

- ・ 県庁所在地までかかる時間

各自治体の役所及び役場からその県庁所在地の役所まで車でかかる時間を表す。Google Maps より算出した。

- ・ 林野率

総土地面積における林野面積¹の割合をいう。総務省が定める過疎地域指標の 1 つであることから採用した。

- ・ 人口密度

一定地域における単位面積当たりの人口数のことであり、1 平方キロメートル当たりの人口数で表す。総務省が定める過疎地域指標の 1 つであることから採用した。

また、墜落などの安全性への懸念もドローン物流導入に大きく影響していると考えられる。加えて、国土交通省によるとドローン墜落の半数以上は天候が原因であると述べられているため以下のコントロール変数を採用した。

- ・ 平均年間降水量

ある地域において 1 年間に降った降水量の合計を、その地域の面積で割ったものをいう。対象地域のデータがなかった場合、近隣地域のデータを用いた。

図表 5 各変数の単位とデータの出典

変数	単位	出典
----	----	----

¹ 現況森林面積と森林以外の草生地を合わせたものをいう。

ISFJ2024 最終論文

ドローン物流の導入度	－	総務省「過疎関係市町村都道府県別分布図」 経済産業省「自治体によるドローンの活用事例集」 より筆者作成
財政力指数	－	総務省「全市町村の主要財政力指標」
県庁所在地までにかかる時間	分	Google Maps より筆者作成
林野率	%	農林水産省「2020 年農林業センサス」
人口密度	人/km2	総務省統計局「令和 2 年国勢調査」
平均年間降水量	mm	気象庁「過去の気象観測データ」

筆者作成

第4項 推定結果及び結果の解釈

推定結果は図表 6 の通りである。なお推定にあたっては頑健標準誤差を用いた。推定結果が頑健であることを示すためにコントロール変数の組み合わせを変えた 3 ケースで推定した。

図表 6 分析結果

変数	Case1	Case2	Case3
定数項	-0.383 (0.870)	-0.601 (0.794)	-0.740 (0.784)
財政力指数	2.252** (0.975)	2.351** (0.960)	2.058** (0.926)
県庁所在地までかかる時間	0.001 (0.003)	0.001 (0.003)	0.002 (0.003)
林野率	-0.006 (0.008)	-0.008 (0.007)	-0.006 (0.007)
人口密度	-0.0005 (0.0005)	-0.0006 (0.0005)	
平均年間降水量	-0.0001 (0.0002)		
観測数	114		

筆者作成

1) ***, **, *はそれぞれ有意水準 1%, 5%, 10%で帰無仮説を棄却し、統計的に有意であることを示す。

2) 係数の()は頑健標準誤差を表している。

図表 6 に関する推定結果について検討する。

財政力指数の係数はどのケースでも正で有意なものとなった。財政力指数において、どのケースでも有意水準や係数に大きな変化は生じていないことから、この推定結果は頑健であるといえる。これは、財源に余裕のある自治体ほどドローンを導入していることを表している。このことから、ドローン物流を導入する際の障壁として費用的負担が考えられる。したがって仮説 A は立証された。

第 3 節 仮説 A に関する定性分析

前節の定量分析において、ドローン物流を導入する際の費用的負担がドローン物流導入の障壁となっていることが示された。本節では、ドローン物流を導入する際の障壁である費用について考察を深めることを目的に、ドローン物流を導入するにあたる課題や懸念点について過疎地域の自治体に対してアンケート調査を行い、その結果を考察する。

第 1 項 ヒアリングの枠組み

本稿では、前節の定量分析で対象とした過疎地域 114 自治体に対して、2024 年 8 月から 10 月まで郵送、メール、電話を用いてアンケート調査を行った。114 自治体にアンケートを依頼し、44 自治体から回答があった。質問内容は以下の通りである。

図表 7 はドローン物流を導入していない自治体への質問内容であり、30 の自治体から回答があった。

図表 7 質問内容①

設問内容	ドローン物流導入にあたって感じる懸念点は何ですか。1 位から 5 位まで当てはまる番号をお答えください。
選択肢	①住民のプライバシー②騒音③人材不足④地域住民からの理解を得ること⑤天候⑥セキュリティ ² ⑦設備 ³ ⑧安全性⑨費用⑩収益⑪導入までにかかる時間⑫法規制⑬知識⑭その他

筆者作成

図表 8 はドローン物流を導入している自治体への質問内容であり、14 の自治体から回答があった。

図表 8 質問内容②

設問内容	ドローン物流を導入するにあたってどこにかかる費用が一番ネックでしたか。
選択肢	①維持費②ドローン物流を導入し運航するのにかかる人件費③運航費用④初期費用⑤費用への懸念はない⑥その他

筆者作成

図表 9 はドローン物流を導入している自治体への質問内容であり、30 の自治体から回答があった。

図表 9 質問内容③

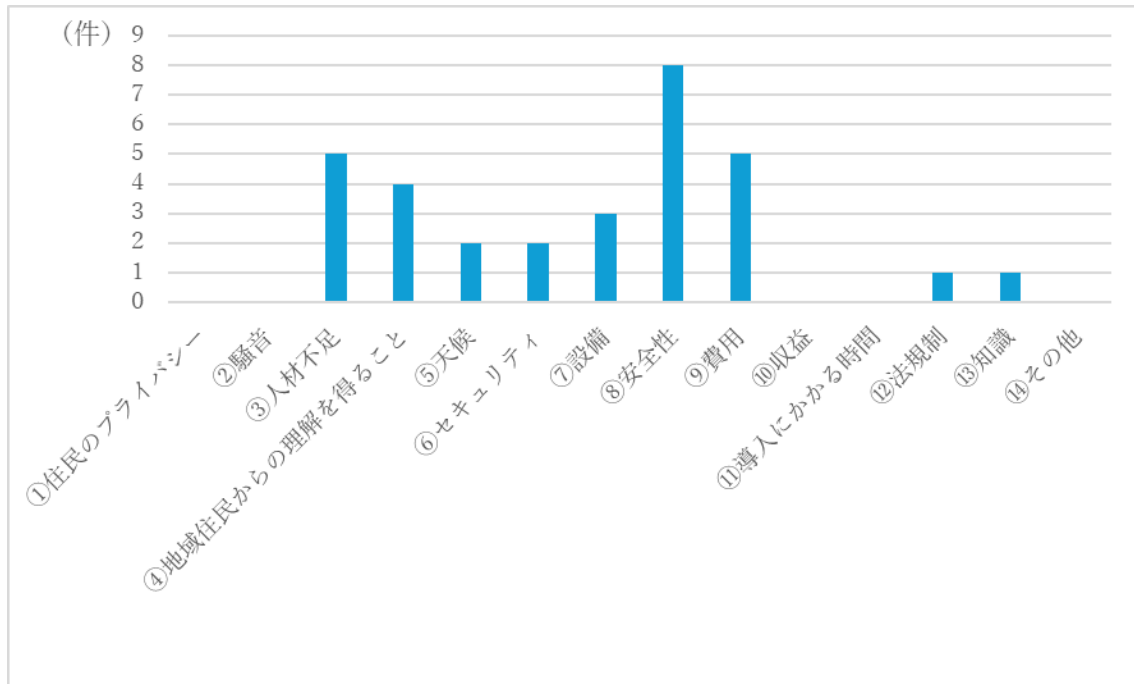
設問内容	ドローン物流を導入するにあたってどこにかかる費用が一番ネックですか。
選択肢	①維持費②ドローン物流を導入し運航するのにかかる人件費③運航費用④初期費用⑤費用への懸念はない⑥その他

筆者作成

第 2 項 自治体に対するアンケート調査結果

質問内容①の 1 位の結果は図表 10 の通りである。

図表 10 質問①の回答結果



筆者作成

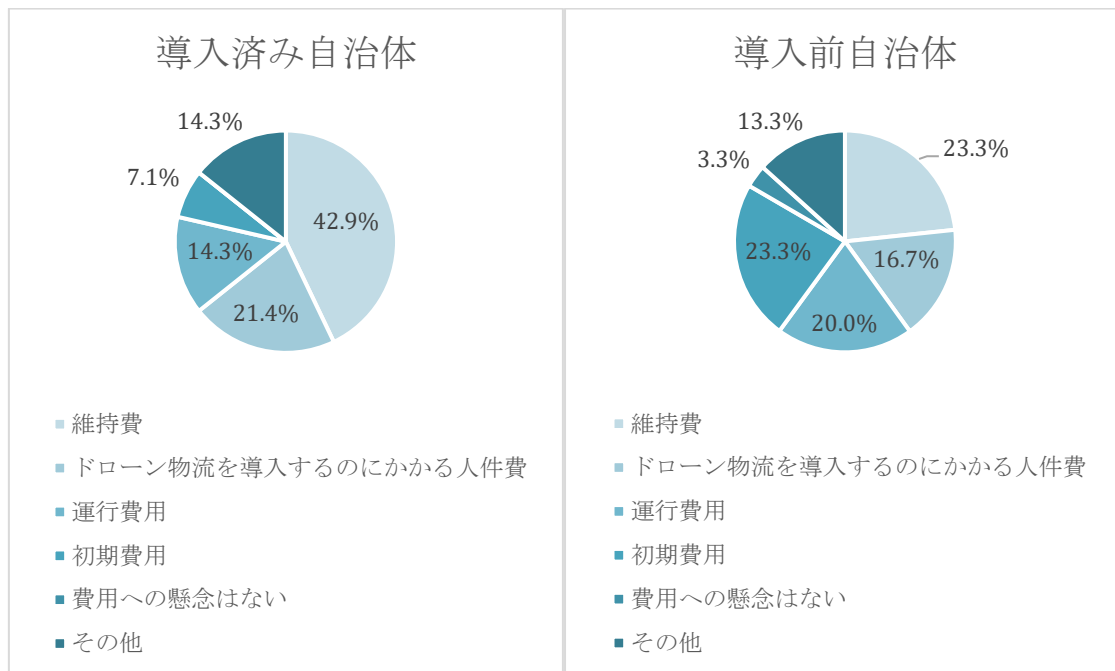
第3項 定性分析に関する考察

定量分析の結果により、ドローン物流導入にあたる費用がドローン物流導入の障壁であることが示された。本項では、アンケート調査から導き出された結果をもとに、さらにドローン物流導入にあたる費用について考察を深める。

調査の結果より費用が上位に挙がっていることから、自治体がドローン物流導入にあたり、費用を懸念していることが示された。この結果からも仮説 A は立証された。そこでドローン物流導入にあたる費用の中で特にどの段階での費用に懸念を抱いているのかを明らかにしていく。

質問内容②・③の結果は以下の通りである。

図表 11 質問内容②・③に対する回答結果



筆者作成

この結果よりドローン物流を導入している自治体は、1 番目に維持費を懸念し、2 番目にドローン物流を導入し運航するのにかかる人件費を懸念していることが示された。ドローン物流を導入していない自治体は、1 番目に初期費用と維持費を懸念し、2 番目に運航費用を懸念していることが示された。

ドローン物流を導入している自治体の多くは、導入する前に災害時やインフラ維持管理など他の目的でドローンを利用していたため、初期費用にそれほどの懸念を感じていないのではないかと考えた。一方、ドローン物流を導入していない自治体はこれから様々な整備を行う必要があるため、初期費用や運航していくにあたり必要な維持費に懸念を抱いているのではないかと考えた。

第 4 節 仮説 B に関する定性分析

前節の定量分析と定性分析において、費用が一番のドローン物流導入の障壁であること、特に費用の中でも初期費用、維持費にかかる費用が一番の導入の障壁であることが示された。本節では、地域住民のドローン物流に対する抵抗が導入に影響を与えている可能性について定性分析を行う。

第 1 項 住民アンケートの枠組み

本稿では 47 都道府県の 20 代～60 代の男女計 219 名に対し、2024 年 10 月にアンケートサイトを用いてアンケート調査を実施した。設問内容は以下の通りである。

図表 12 アンケート対象と質問内容

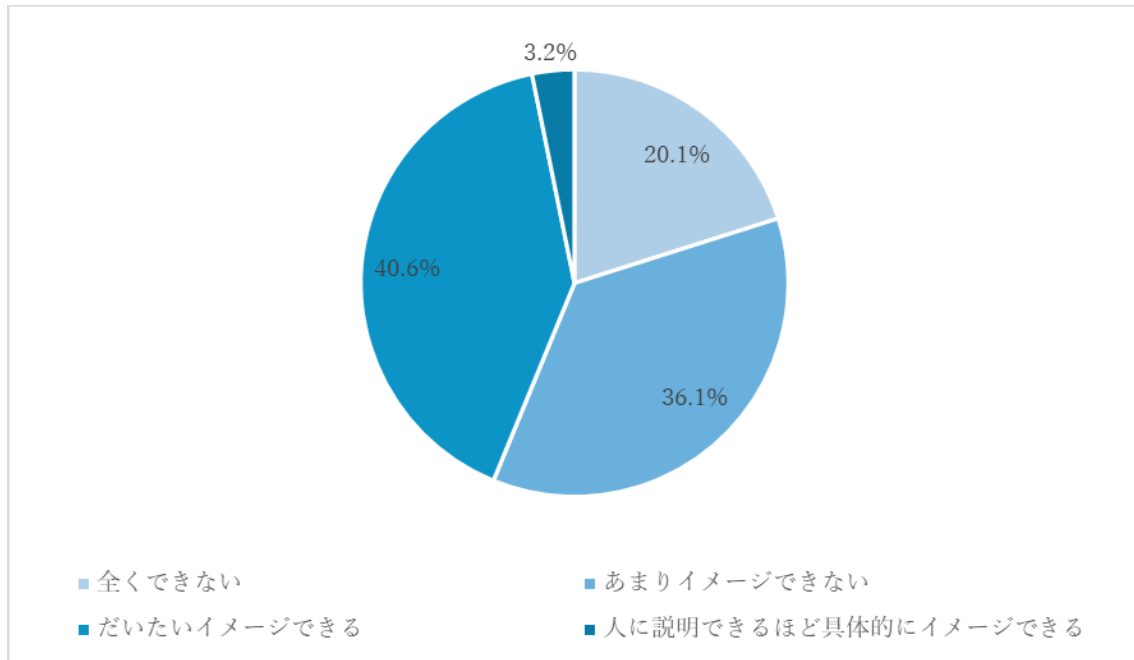
対象	20～29 歳：44 人、30～39 歳：43 人、40～49 歳：44 人、50～59 歳：44 人、60～69 歳：44 人
設問内容	Q1 トラックの代わりにドローンが物流を担うドローン物流について、ドローン物流と聞いて具体的にイメージできますか。 Q2 あなたが住んでいる地域でドローン物流が導入されることについてどう考えますか。 Q3 Q2 の回答についてそれはなぜですか。（自由記述） Q4 あなたが住んでいる地域でドローン物流が日常的に行われることについてどう感じますか。 Q5 Q4 について、どのような抵抗がありますか。 ①墜落の可能性②目的地に正しく届くかという不安③プライバシーの侵害④騒音⑤抵抗はない⑥その他

筆者作成

第2項 アンケート調査の結果

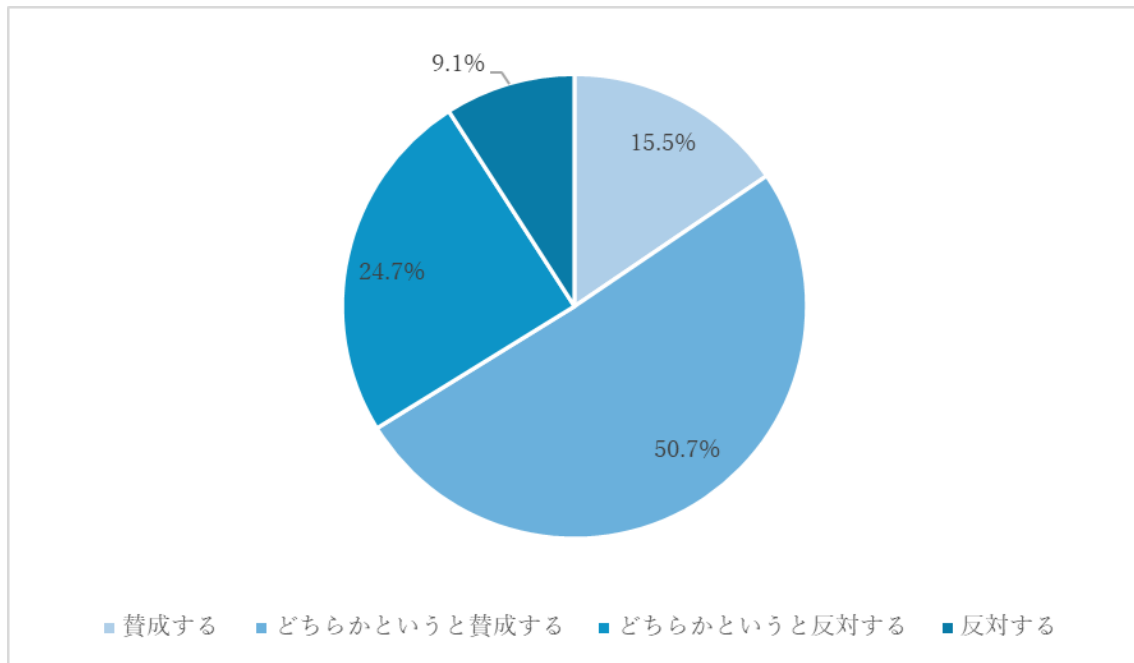
アンケート調査に対する回答結果は以下の通りである。本項では、地域住民に対するアンケートの結果から本研究において重要なものを抜粋する。

図表 13 Q1 の回答結果



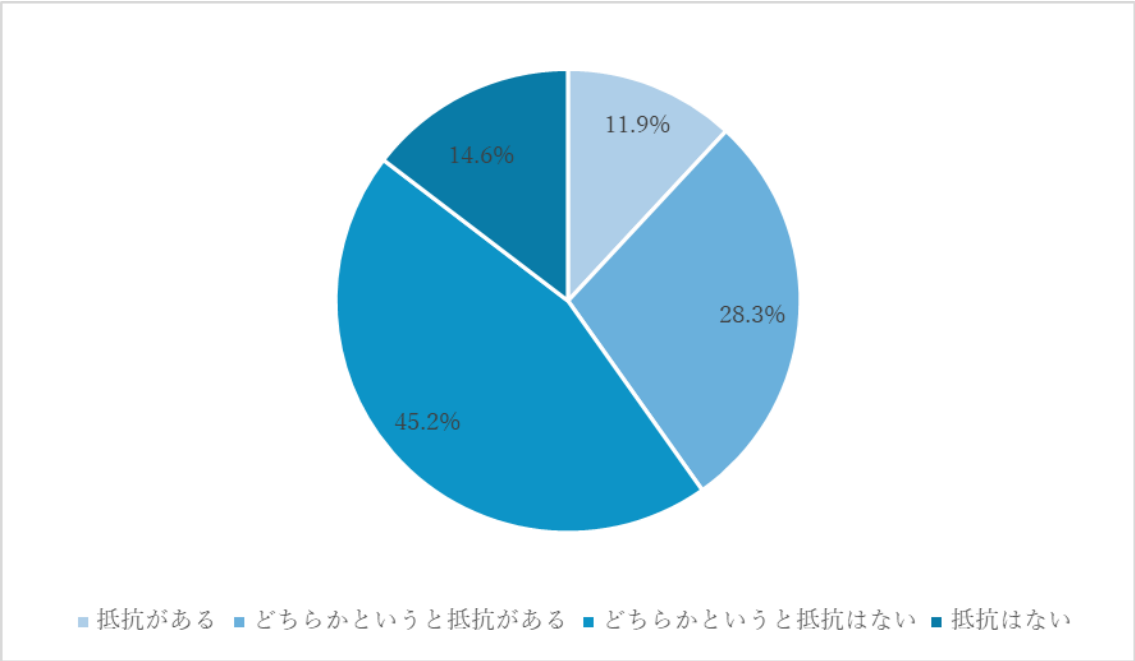
筆者作成

図表 14 Q2 の回答結果



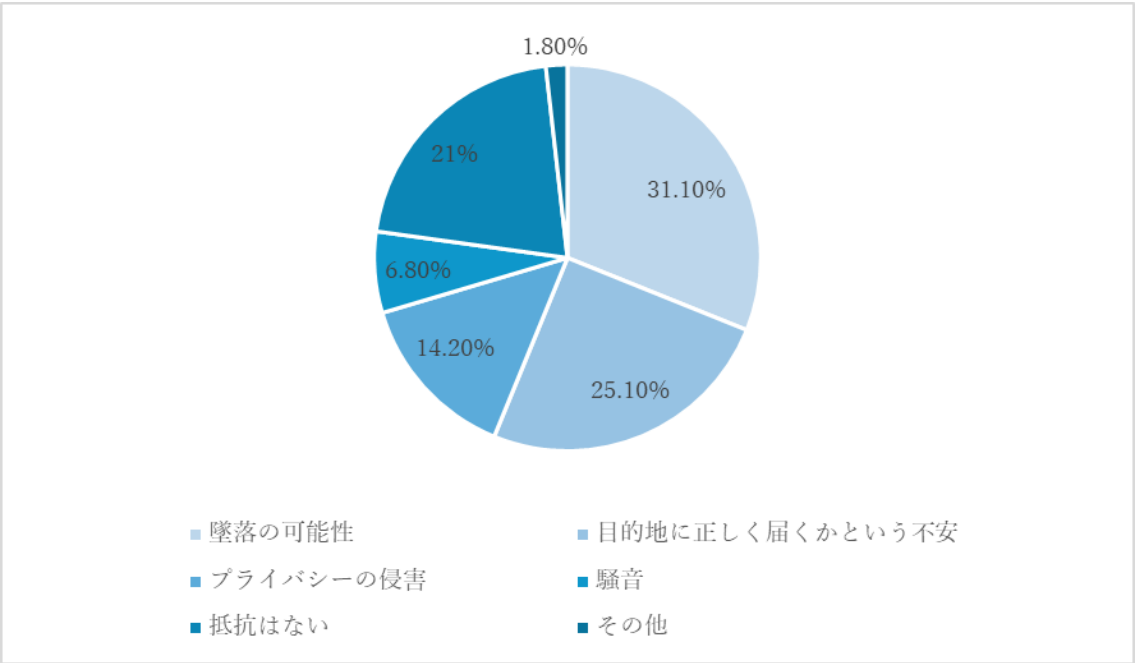
筆者作成

図表 15 Q4 の回答結果



筆者作成

図表 16 Q5 の回答結果



筆者作成

第3項 定性分析に関する考察

前節の定量分析と定性分析の結果から、費用が一番のドローン物流導入の障壁であること、特に費用の中でも初期費用、維持費にかかる費用が一番の導入の障壁であることが示された。本項では、アンケート調査から導き出された結果をもとに、地域住民のドローン物流に対する抵抗が導入に影響を与えている可能性について考察を深める。

調査の結果、地域住民はドローン物流の導入にある程度の抵抗があることが明らかとなった。また自治体のアンケート調査の結果から、自治体がドローン物流を導入する際に地域住民からの理解を得られないことが、導入にある程度影響を与えていることが示された。したがって、仮説 B の「地域住民がドローン物流に抵抗があるため導入が進まない」に一定の信頼が得られることが示された。

第4項 地域住民のドローン物流に対する抵抗に関する分析

定性分析の結果より、アンケート調査で対象となった地域住民の半数以上がドローン物流に抵抗があることが示された。また、事業者へのヒアリング調査から、実際にドローン物流の実証実験や実運用を行う際にその導入地域の住民から導入に反対する声があがることがあるとことが判明した。したがって本項では、地域住民へのアンケート調査の結果から、ドローン物流導入に対して具体的にどのような抵抗があるのかを主に考察する。調査の結果、2 点が明らかになった。1 点目は、地域住民が感じる抵抗についてである。

「Q4 の回答についてどのような抵抗がありますか。」という質問に対して、墜落の可能性（31.4%）、目的地に正しく届くかという不安（25.0%）、プライバシーの侵害（14.1%）、騒音（6.8%）、その他（1.8%）という結果が得られた。このことから、地域住民はドローン物流導入に対して、主に安全面への懸念を大きく抱いていることが示された。2 点目は、ドローンに対する知識の差が導入に対する寛容さに関係しているということである。Q1 の「ドローン物流と聞いて具体的にイメージできますか」に対して、「あまりイメージできない」「全くできない」と答えた人（123/219）の中で、自分の地域にドローン物流が導入されることに反対すると答えた人の割合は 39.8%であり、一方で、「だいたいイメージできる」「人に説明できるほど具体的にイメージできる」と答えた人（96/219）の中で、「どちらかという反対する」「反対する」と答えた人の割合は 26%という結果が得られた。このことから、ドローン物流に対して知識がある人の方がドローン物流の導入に対して寛容であることが示唆された。

第5節 事業者へのヒアリング

前述の自治体のアンケート調査および地域住民アンケート調査の結果において、墜落や安全性への懸念が示された。本節では、定性分析からの示唆を基に現状の事業内容や参入の方法、ドローンの技術面での課題について事業者にヒアリングを行い、その結果を考察する。

第1項 ヒアリングの枠組み

本項では、ドローン物流の実証実験や実運用を行う事業者(以下「事業者」と称する)3社の職員8名に対し、2024年9月から10月まで、メール、web会議ツールを用いてヒアリングを実施した。質問内容は、以下の通りである。

図表 17 質問内容

質問内容
事業内容、事業参入の方法、技術面の課題、技術面の現状、技術面の将来構想、実現するにあたっての一番の課題、他の手段と比較した際のドローン物流のメリット、他の手段と比較した際のドローン物流のデメリット、安全性に対する取り組み、地域住民との合意形成、求める国からの補助

筆者作成

第2項 ヒアリング結果

本項ではその事業者に対するヒアリングの結果から、本研究において重要なものを抜粋する。なお、事業者へのヒアリング結果の一覧については、追加資料として本論文の最後に掲載する。この3社が実証実験や実運用を行った際には、ドローンの機体はドローンを製造している他の企業(以下「製造会社」と称す)に借り入れて行っていた。

図表 18 ヒアリング結果

事業者名	佐川急便	KDDI	花王
事業内容	①航路整備 ②機体の開発 ③運用方法の概念実証	①全体の骨格作り ②プラットフォームの提供 ③ソリューション ④オペレーション	①全体統括 ②推進役 ③飛行ルートの検討 ④関係機関・地域住民への説明
事業参入の方法	国の公募を受けて参入	自治体の公募を受けて参入	・展示会での名刺交換を通じてドローン製造会社との関係構築 ・配送困難地域に電話をかけ、事業提案を行う
技術面の課題	レベル4に対応した機体の開発が難しい	一対多運航の最適解を見つけれられていない	・輸送重量が小さい ・バッテリー容量が少ない

技術面の現状	騒音は離発着のときのみで、運航中はほとんどない	1 度飛行させるのに複数人必要	・風速上限が 5m～10 m。 ・1 回の飛行時間が 30 分以内 ・重量運搬（50kg 程度）の時は 10km 以内が飛行可能
--------	-------------------------	-----------------	--

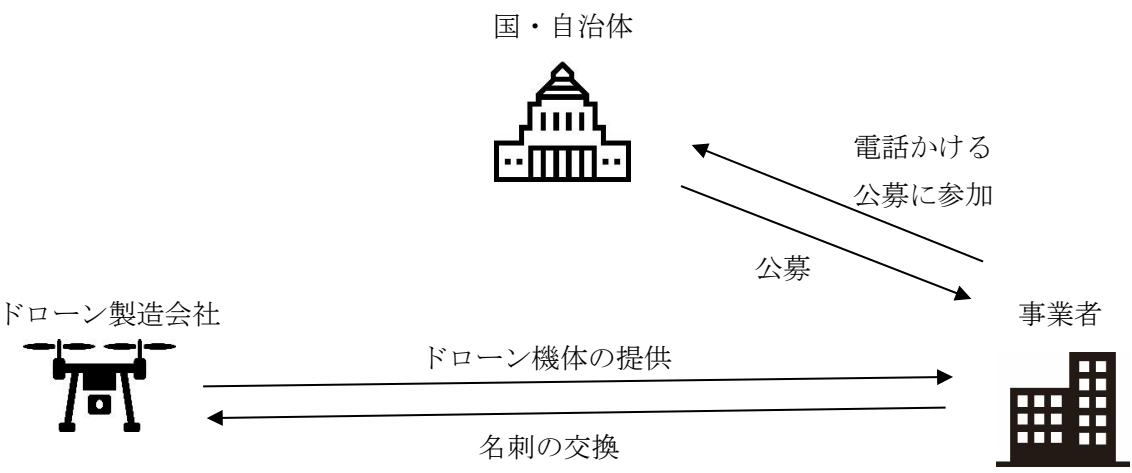
筆者作成

第3項 ヒアリング考察

定量分析・定性分析の結果より、自治体がドローン物流導入にあたり費用を懸念していること、地域住民の半数以上がドローン物流に抵抗があることが示された。よって本項では、事業者へのヒアリング結果から導かれた、ドローンの実証実験における課題や現状について考察を深める。

調査の結果、2点が明らかになった。1点目は、ドローンの技術面に多くの課題があるということである。特に、ドローンは輸送重量が小さく、バッテリー容量が少ない等の課題があることが明らかとなった。2点目は、三者間のマッチングフローの現状である。図表19が示す通り、それぞれ役割の異なる三者によってドローン物流の実証実験や実運用が行われている。また、事業者と自治体の二者間では相互に働きかけて連携していることが明らかとなった。主に、事業者は国や自治体が行っている公募に参加しているが、トラック配送が困難な地域の自治体に対して手当たり次第に電話をしてマッチングを行っている事業者もあった。このマッチングの現状をより正確に把握しようと国土交通省の資料を参照すると、マッチングはそれほど非効率に行われているわけではないことが判明し、また実証実験を行う際の障壁の一つとして飛行許可申請の窓口が複数化しており、申請内容自体も煩雑であることが新たに明らかになった。そのため今後、申請時にかかる労力を減らすことで実証実験へのハードルが下がるのではないかと考えた。

図表 19 マッチングフローの現状



筆者作成

第4章 政策提言

第1節 政策提言の方向性

現状分析から、ドローン物流を導入することで過疎地域物流の抱える人員不足、ラストワンマイルの遠さが故の物流配送非効率を克服できるとし、分析でドローン物流を導入する際の障壁について考察した。

定量分析・定性分析の結果、ドローンを導入するにあたり 3 つの障壁が明らかになった。1 つ目の障壁は、費用・収益についてである。先述の通り、ドローンの導入には初期費用や運航費用等がかかるためある一定以上の財政力を有する必要がある。またドローン物流は日本ではまだそれほど導入が進んでいないこともあり、どの程度の収益が見込めるのかが分からないことが導入阻害の要因となっている。2 つ目の障壁は、地域住民からの理解を得ることである。先述した通り、ドローン物流には墜落や騒音、居住地域の上空を走行することによるプライバシーの侵害等、地域住民の生活に影響を与える懸念点が多く存在する。そのため、ドローン物流を導入するにあたり、地域住民からの理解を得ることは必要不可欠である。3 つ目の障壁は、ドローン飛行の申請許可・承認が煩雑であることである。先述の通り、実証実験を行う際の障壁の一つとして、飛行許可申請の窓口が複数化しており、申請内容自体も煩雑であることが新たに明らかになった。そのため、申請時にかかる労力を減らすことで実証実験へのハードルを下げる必要があると考えた。

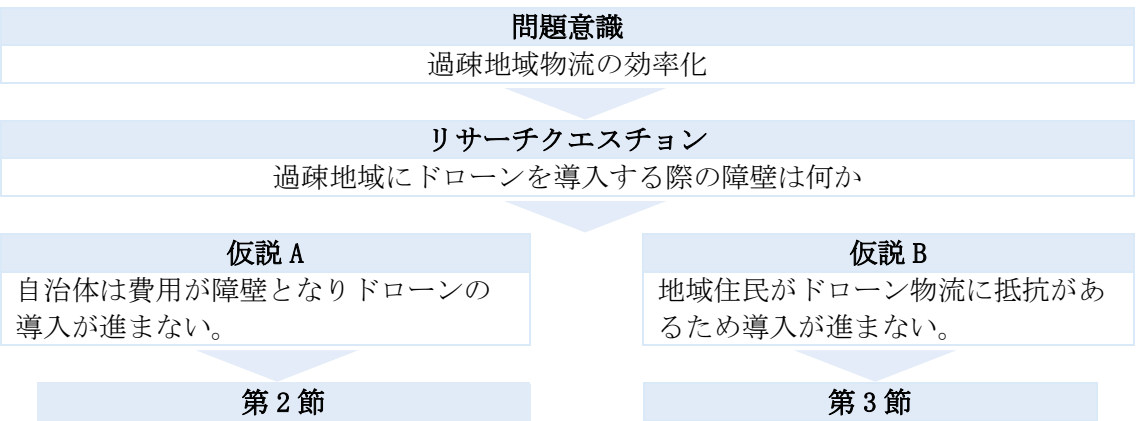
分析により示された以上の障壁を解消すべく、国と、物流の持続可能性が低いためドローン物流を導入したいが何らかの要因で導入を躊躇している自治体に対して政策提言を行う。

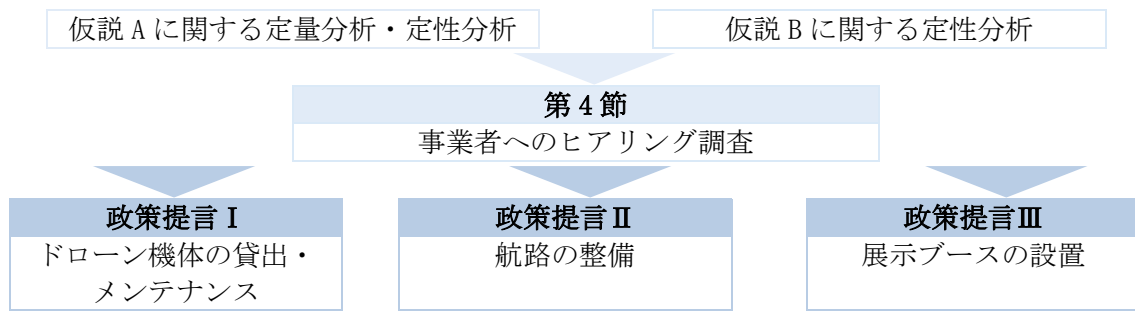
【政策提言Ⅰ：ドローン機体の貸出・メンテナンスの無償化】

【政策提言Ⅱ：航路の整備】

【政策提言Ⅲ：展示ブースの設置】

図表 20 政策提言の枠組み





筆者作成

第2節 政策提言

第1項 ドローン機体の貸出・メンテナンスの無償化

仮説 A に関する定量分析・定性分析により、自治体では費用が障壁となりドローン物流の導入が進まないことが立証された。特に、初期費用と維持費に懸念を感じていることが示された。そこで、初期費用と維持費に対する費用を削減するための提言を行う。

・内容

ドローン機体の貸出とメンテナンスを国が行うことを提言する。具体的には、国が実証実験を行う際のドローン機体を自治体に提供し、導入すると決定した自治体は機体を購入することもでき、断念した自治体は国に無償で返還できる。また、その先の機体のメンテナンスも事業者と提携して国が実施する。サービスの提供先は、ドローン物流を導入したいと考え申請した自治体に限定する。

補助金などの金銭的なサポートを提案しない理由としては、補助金目的に事業参入する自治体が出てくるのを防ぐということが挙げられる。

また、ドローン機体の貸出、メンテナンスは国が無償で実施することとする。無償で行う理由は2つある。1点目は、機体の貸出・メンテナンスを無償で行うことにより、ドローン物流に対する自治体の参入障壁を下げるができるからである。分析により、自治体はドローン物流を実施するにあたり、初期費用と維持費に懸念を抱いていることが示された。そのため、ドローン機体の貸出・メンテナンスを無償で行うことで更なるドローン物流の発展がもたらされる。2点目は、社会的意義が大きいからである。先述したように、物流問題は喫緊の課題であり、社会全体でその問題に対処していくことが求められている。そのため、無償で国がドローン機体の貸出・メンテナンスを行うことの社会的意義は大きい。

・提言対象

国土交通省

・期待される効果

期待される効果は2点ある。

1 点目は、ドローン物流に対する自治体の参入障壁が下がり、ドローン物流導入自治体が増加することである。自治体を実施したアンケート調査によると、ドローン物流を実施していない 23.3%の自治体が費用への懸念として初期費用を挙げており、これは数ある費用の懸念の中でも一番多くの割合を占めた。先述したように現状、実証実験は国や自治体が事業者に公募をかけ実施されているのが主である。中でも自治体が公募をかける場合は、実証実験の費用を自治体がまかなうことが多い。また、国の公募は年に数回しか行われていない。そのため、実証実験を行いたい費用が障壁となり断念している自治体もあると考えられる。国からドローン機体が無償で貸し出されることにより、懸念されている初期費用が削減できる。また自治体は、収益を回収できないと判断した場合はドローン機体を買取らなくても良いという点でも参入障壁が下がる。

2 点目は、持続的なドローン物流サービスの実現である。自治体を実施したアンケート調査によると、ドローン物流を導入している自治体の 42.9%は費用の懸念として維持費を挙げており、実運用を進めていくとドローン機体やバッテリーのメンテナンスに膨大な費用がかかっていることが考えられる。提供先の国と連携している事業者がメンテナンスまで実施することで、持続的で安全なドローン物流サービスが実現できる。

・実現可能性

この政策には事業者の協力が不可欠であり、その事業者は新規顧客獲得等による収益が見込めるため参入すると考えられる。一方、国はレンタル料やメンテナンス費も賄わなければいけないためあまり収益は見込めず、本政策施行をためらう可能性がある。しかし、ドローン物流が促進され物流が円滑化することによる長期的な利益が大いにあるため実現可能性は高いといえる。

・施策の限界

本施策の限界として、実証実験を行ったとしても、やはり費用面での負担を懸念して実運用に進まない可能性があることが挙げられる。実証実験を行った後、コストを回収できるような収益が見込まれない場合はドローンを買取ってまで実運用に進まない可能性が高い。そのため、コストを下げるための機体の開発もやはり重要となってくる。

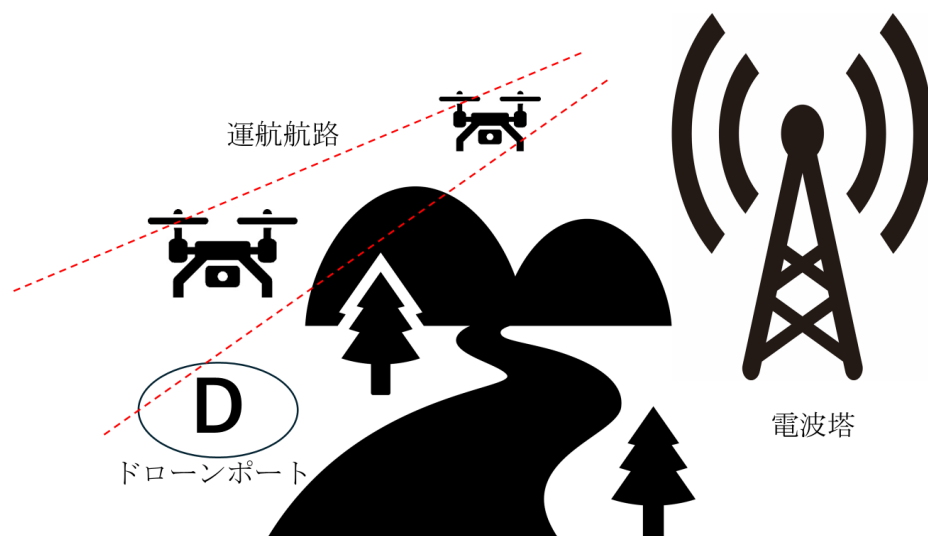
第2項 ドローン航路の整備の推進

事業者のヒアリング調査の考察から、実証実験を行う上での障壁の1つとして、ドローンの飛行許可・承認申請を行う窓口が複雑化していることと申請内容も煩雑であることが新たに判明した。よって、申請の簡易化を促進するための提言を行う。

・内容

ドローンの飛行許可・承認申請を行う窓口の複雑化や申請内容自体の煩雑さを改善するために、過疎地域でのドローン航路の整備の推進を提言する。現在、国が構築を検討しているドローン航路は、許可申請の窓口を一本化することによって申請の複雑化に対応しており、今後ドローン航路が幅広く整備されていくことで、ドローンの実証実験は行われやすくなる可能性がある。しかし、現状ドローン航路の構築を進めるための実証実験が行われているのは秩父市や浜松市の 2 箇所のみであり過疎地域ではまだ行われていない。そこで過疎地域のドローン物流導入の妨げとなっている窓口の複雑化を改善するために過疎地域においてドローン航路の普及を行う。具体的には通信環境や飛行経路等のインフラ機能があらかじめ用意されたドローン航路を物流問題を抱える過疎地域から整備していくことで申請の簡素化を行うというものである。これにより、ドローン物流導入へのハードルが下がり、過疎地域の配送効率化につながると考える。

図表 21 ドローン航路のイメージ図



筆者作成

- ・ 提言対象
国土交通省、経済産業省

・期待される効果

ドローン航路を整備することにより過疎地域に期待される効果は3点ある。

1 点目は、飛行申請が簡素化する点である。現在、実証実験を行う際には自治体や国土交通省、警察等の各関係者それぞれに、飛行許可の申請・承認を行わなければならない。ドローン航路を国が整備し申請窓口を一本化することによって、それらの申請手続きが簡素化し、実証実験へのハードルが下がると考えられる。

2 点目は、飛行の許可申請・承認に関する費用と、通信設備の整備費用やドローンポート等のドローンインフラにかかる初期費用が削減される点である。現状では、許可申請の窓口が複数存在するため、申請それぞれに費用がかかっている。しかし、ドローン航路が導入されることにより、その窓口が一本化することで申請費用が削減される効果が期待できる。また、定量分析・定性分析では自治体は費用を障壁としているためドローン物流の導入が進まないことが挙げられていたが、ドローン航路が整備されることによって、ドローンポートや通信設備等のドローン物流導入の際に必要な初期設備が提供でき、障壁の1つである初期費用の削減につながると考えられる。

3 点目は、ドローン物流に対する安全面への懸念を軽減できる点である。ドローン航路を国が整備することで、公的機関による管理への信頼感から航路が安全だと認識されやすくなる。したがって、安全面への不安が軽減されるという効果が期待できる。

・実現可能性

先述の通り、現状では日本においてドローン航路構築に向けた実証実験が埼玉県秩父市と静岡県浜松市の2箇所で行われているため、ドローン航路の整備の実現可能性は高い。また、秩父市と浜松市での実証実験は山間部や河川といった過疎地域の特徴を持った場所で行われていることから、本施策で新たに提案する過疎地域へのドローン航路の整備の実現可能性もあると考える。しかし、過疎地域の中には収益が見込めるかが分からない地域も多く、過疎地域への導入が円滑に進まない可能性もある。ただし、整備する時点で収益を見込むことができるか分からない地域であっても、政府から積極的な支援を行ったり、本当にビジネスモデルが実装可能でないか否かを、実際にその地域で一度ドローン航路を整備して再度慎重に見極めることで導入できることが判明する場合もあるため、ドローン航路の実現可能性はやはりあると考える。

・施策の限界

本施策の限界として、3点ある。

1 点目は、ドローン航路は、物流だけでなく点検や巡視などの様々な用途で使われるため、物流の目的でドローン航路を利用するかは不透明であることである。そのため、ドローンを用いた実証実験は増加する可能性は高いが、ドローン物流の導入が促進されるかどうかは未知数である。

2 点目は、ドローン航路を整備したからといって安全性が完全に保証されるわけではないという点だ。いくら国が安全面を考慮してドローン航路を整備したとしても、ドローンには技術面の課題も残っており、完全に安全面への懸念を払拭できるわけではない。またドローン航路の整備は国が行うため、実際に提供したドローン航路で何か事故があった場合は国が責任を負わないといけなくなるため、国が提供を躊躇するという可能性も出てくる。

3 点目は、全国で申請が簡素化されるには、多くの時間を要する点である。ドローン航路の整備は 1 つの地域でさえ時間がかかっている状況であり、それを全国規模で展開するにはさらに多くの時間が必要となるため、申請の簡素化の効果を感じるまでに時間がかかる可能性がある。

第 3 項 展示ブースの設置

仮説 B に関する定性分析では、自治体が地域住民からの理解を得ることができないことがドローン物流導入に影響を与えていることがある程度示された。また、地域住民へのアンケート調査からも、ドローン物流に対して知識がある人の方がドローン物流の導入に対して寛容であることが示唆された。そこで、ドローン物流に対する地域住民の理解を得るための提言を行う。

・内容

ドローン物流に対する地域住民の理解を得るために、常時で各役所の人目に付きやすい一角にドローン物流についての展示ブースの設置を提言する。仮説 B に関する定性分析より、ドローン物流をある程度イメージできる人の中でドローン物流に反対している人の割合は、ドローン物流をイメージできない人の中でドローン物流に反対している人の割合に比べて 14%低いことから、地域住民にドローン物流についての知識やイメージをつけてもらうことでドローン物流に反対する人が減ることが予想される。そのため、地域住民へのドローン物流についての理解度促進が必要であると考えた。そこでこのドローン物流の展示ブースで、他地域で行われたドローン物流の実証実験の動画の放映や写真の展示を行うことに加え、ドローンからの地域住民の家の見え方や騒音などを体感できるようにし、ドローン物流をよりリアルに体験できるようにする。また、物流用ドローンをレンタルし展示することで荷物がどのようなもので運ばれるのかをイメージすることができる。展示ブースの設置にあたり、周辺の学校への招待や地域病院に展示ブースのポスターの掲示の依頼を行うことで役所に来た住民はもちろん、できる限り幅広い年代の地域住民の展示ブースへの来場を目指す。

・提言対象

物流の持続可能性が低いいためドローン物流を導入したいが何らかの要因で導入を躊躇している自治体

- ・期待される効果

期待される効果は2点ある。1点目は、地域住民のドローン物流への理解度向上である。地域住民は展示ブースに来ることでドローン物流についてイメージできるようになる。また、現在のドローン技術に関する知識を深めることで安全性への誤ったイメージを解消でき、地域住民のドローンの安全性に対する懸念を和らげることができる。2点目は、自治体のドローン物流への知識向上である。自治体は展示ブースを設置する際に、展示品の準備やドローン事業者とのやり取りの中でドローン物流について知識を増やすことができる。

- ・実現可能性

我々が思い描く展示ブースは広範なスペースを必要とせず、また現在多くの役所で絵画や工芸品などの展示ブースが設けられているため、展示ブースのスペースの確保は難しくないと考えられる。また、展示ブースのコンテンツも写真や動画などであり手間がかからない上、展示するドローンの機体は購入するのではなくレンタルであり莫大なコストもかからないため、実現可能性は高いといえる。

- ・施策の限界

この施策の限界として3点挙げられる。1点目は、イメージと実際の乖離である。展示ブースでは視覚と聴覚を通じてドローン物流についてイメージできるように設計されているが、実際のドローンを飛ばさないため展示ブースでのドローン物流への理解には限界があり、乖離が残ってしまう。2点目は、展示ブースの認知の問題である。展示ブースを人目に付きやすい場所に設置し、地域住民への展示ブースの認知活動を行い続けるが、役所に来た人が展示ブースに来場することは確定的ではなく、展示ブースを認知してくれてもその人が来てくれる保証はない。3点目は、役所の方の仕事量の増加である。展示ブースの管理や準備など新たな仕事が増えるため労力がかかる。

第4項 政策提言のまとめ

提言Ⅰにより、初期費用と維持費の削減が可能になり、ドローン物流参入の障壁が低下する。しかし、本政策では実証実験を行った後、コストを回収できるような収益が見込まれない場合はドローンを買収してまで実運用に進まない可能性が高い。そのため、コストを下げるための機体の開発もやはり重要となってくる。

提言Ⅱにより、飛行許可申請の簡素化が可能になり、ドローン物流参入のハードルが下がる。しかし、本政策では整備したドローン航路が、物流だけでなく点検や巡視などの様々な用途で使われるため、ドローンの物流面での実証実験が進むとは限らない。そのため、提言Ⅰの施策のようなドローン物流を導入しやすくなるような政策を国がより一層推進して行くことが重要である。

提言Ⅲにより、地域住民はドローン物流についてイメージを持つことができ、ドローン物流に反対する地域住民が減少する。しかし、本政策では住民が展示会を認知し、訪問しなければ効果が出ない。そのため、住民が訪問したくなるような展示会の認知活動が重要となってくる。

以上3つの政策提言を実施することで、過疎地域におけるドローン物流導入時の障壁の軽減が期待される。それにより、過疎地域においてドローン物流の導入が促進され、本稿のビジョンである「過疎地域物流の効率化」が達成される。

おわりに

本稿では、「過疎地域物流の効率化」を問題意識として、「過疎地域にドローン物流を導入する際の障壁は何か」をリサーチクエスションとした。これを基に、ドローン物流にかかる費用や地域住民のドローン物流への理解度、事業者の課題などについてそれぞれ分析を行った。そして、研究の最後に政策提言を 3 つ行った。しかし本稿の課題として、過疎地域におけるドローン物流に関する正確なデータが、多くは得られなかったことが挙げられる。過疎地域のドローン物流の導入における障壁をより正確に把握するためには、今行われている実証実験一つ一つのより詳細な分析が必要であり、この点を今後の課題の 1 つとしたい。

本稿の執筆にあたり、自治体や地域住民、ドローン事業者の方々に、データ取得や聞き取り調査の面で多大なご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

最後に、我々の研究が過疎地域物流の効率化の問題を改善し、今後のドローン物流の発展に寄与することを願って、本稿の締めとする。

先行研究・参考文献

主要参考文献

- Snezana Tadic, Mladen Krstic, Ljubica Radovanovic (2024), “Assessing Strategies to Overcoming Barriers for Drone Usage in Last-Mile Logistics: A Novel Hybrid Fuzzy MCDM, “ in book, MDPI

引用文献

- 株式会社トミーズコーポレーション HP <https://x.gd/XApub> 2024/9/1 データ取得
- 経済産業省・国土交通省・農林水産省『我が国の物流を取り巻く現状と取組状況』
[001_02_00.pdf \(meti.go.jp\)](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/gaiyo.pdf) 2024/9/1 データ取得
- 経済産業省『デジタルライフライン全国総合整備計画概要』
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/gaiyo.pdf 2024/10/21 データ取得
- 経済産業省『デジタルライフライン全国総合整備実現会議ドローン航路ワーキンググループ 第1回』
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/lifeline_kaiji/doronegw/dail_0731/siryoku_3.pdf 2024/10/21 データ取得
- 経済産業省『デジタルライフライン全国総合整備実現会議ドローン航路ワーキンググループ 第2回』
[siryoku_2.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/lifeline_kaiji/doronegw/dail_0731/siryoku_3.pdf) 2024/10/21 データ取得
- 経済産業省『デジタルライフライン全国総合整備実現会議 中間とりまとめ』
[torimatome_0922.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/lifeline_kaiji/doronegw/dail_0731/siryoku_3.pdf) 2024/10/21 データ取得
- 国土交通省『過疎地域における物流サービスの現状と課題』
[000569917.pdf \(soumu.go.jp\)](https://www.soumu.go.jp/life/transportation/000569917.pdf) 2024/9/1 データ取得
- 国土交通省『社会課題の解決に資する自動運転車等の活用に向けた取組方針』
[001623770.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001623770.pdf) 2024/9/1 データ取得
- 国土交通省『持続可能な物流の実現に向けた検討会 最終とりまとめ』
<https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001626756.pdf> 2024/9/1 データ取得
- 国土交通省『自動運転の実現に向けた取り組みについて』
[001609155.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001609155.pdf) 2024/9/1 データ取得
- 国土交通省『ドローンのレベル 3.5 飛行制度の新設について』
[001716111.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001716111.pdf) 2024/9/1 データ取得
- 国土交通省『ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver.4.0』
[001601194.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001601194.pdf) 2024/9/1 データ取得
- 国土交通省『乗合事業の導入の手続きについて』
[Microsoft PowerPoint - 乗合事業の導入の手続きについて](https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001601194.pdf) 2024/10/21 データ取得

- ・ 国土交通省『物流の現状とドローン物流の主な役割』 [001282862.pdf \(mlit.go.jp\)](#) 2024/9/1 データ取得
- ・ 国土交通省『無人航空機等を活用したラストワンマイル配送実証事業』 [001748785.pdf](#) 2024/10/21 データ取得
- ・ 国土交通省『無人航空機のレベル 4 の実現のための新たな制度の方向性について』 [siryoul.pdf \(kantei.go.jp\)](#) 2024/9/1 データ取得
- ・ 総務省『過疎対策の地域指定の要件について』 [000631818.pdf](#) 2024/10/21 データ取得
- ・ 総務省『令和 4 年版 過疎対策の現況』 [000944362.pdf \(soumu.go.jp\)](#) 2024/9/1 データ取得
- ・ 農林水産省『共同輸送（トラックの共同利用及び中継輸送）』 [buturyu-8.pdf \(maff.go.jp\)](#) 2024/9/1 データ取得
- ・ デジタル社会実現ラボ HP <https://www.digital-innovation.jp/blog/drone-logistics#toc-8> 2024/9/1 データ取得
- ・ ロジ・ソリューション HP <https://logi-solu.co.jp/archives/category/infrastructure> 2024/9/1 データ取得
- ・ JITERA HP <https://jitera.com/ja/insights/14726> 2024/9/1 データ取得

データ出典

- ・ 気象庁「過去の気象観測データ」 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/> 2024/10/21 データ取得
- ・ 経済産業省『自治体によるドローンの活用事例集』
- ・ 総務省「全市町村の主要財政力指標(令和 4 年度)」 [000917808.xlsx \(live.com\)](#) 2024/10/21 データ取得
- ・ 総務省『過疎関係市町村都道府県別分布図』 [000807380.pdf](#) 2024/10/21
- ・ 総務省統計局「令和 2 年国勢調査」 <https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/index.html> 2024/10/21 データ取得
- ・ 農林水産省「2020 年農林業センサス」 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00500209&tstat=000001032920&tclass1=000001147146> 2024/10/21 データ取得

追加資料 事業者へのヒアリング結果の一覧

図表 22 ヒアリング結果

事業者名	佐川急便	KDDI	花王
技術面の将来構想	1名の操縦士に約20台の同時飛行	1対多運航を実現	複数編隊飛行を複数ルート運搬することで輸送可能重量を増やす
実現するにあたっての一番の課題	社内からの理解を得ること	・運航システムの効率化 ・機体自体の技術向上 ・ドローンルートの整備 ・物流市場におけるドローンの立ち位置の確立	・人が介在しない自動運航 ・ドローン墜落時の対策 ・騒音の解消
他の手段と比較した際のドローン物流のメリット	道路のメンテナンス費用がかからない	迅速に直線的に運ぶ	・柔軟性が高い ・渋滞もなくオンタイムで配送可能
他の手段と比較した際のドローン物流のデメリット		荷物が大きいと運べない	輸送重量が小さい

安全性に関する取り組み	・機体の開発 ・地域住民との合意形成	・法令に沿ったドローンの運航 ・車や人の往来があるところには補助者を立て安全管理	周辺住民や関係機関との折衝
地域住民との合意形成	その地域の状況を説明し理解してもらう。	提携先の伊那市役所が担当	ドローンを身近に感じられるイベントの開催
求める国からの補助	・機体開発への支援金 ・実証実験への支援	・制限が緩和された補助金 ・補助率の向上	社会実装するための継続的な補助金

筆者作成