

# 東京都における産業用ドローンの 市場規模の推計と予測

令和 2 年 3 月  
(2020 年)

東京都  
戦略政策情報推進本部 戦略事業部  
特区・戦略事業推進課

# 目次

|        |                                |    |
|--------|--------------------------------|----|
| 第1章    | 序論                             | 3  |
| 1.1    | 本書の趣旨                          | 3  |
| 1.2    | 本書の内容                          | 3  |
| 第2章    | 東京都における産業用ドローンの市場規模の推計と予測      | 4  |
| 2.1    | 東京都の産業用ドローンの市場規模の推計と予測における前提条件 | 4  |
| 2.2    | 東京都の産業用ドローンに関する市場規模の推計方法       | 7  |
| 2.3    | 2018年と2030年の市場規模推計結果           | 9  |
| 第3章    | 産業用ドローンの利活用に係る優良事例             | 13 |
| 3.1    | 優良事例の選定基準                      | 13 |
| 3.2    | 紹介する内容                         | 13 |
| 3.3    | ドローン利活用の優良事例                   | 13 |
| 第4章    | まとめ                            | 17 |
| 4.1    | 産業の動向概要                        | 17 |
| 4.2    | 東京都における産業用ドローンの市場規模の現状と将来      | 17 |
| 4.3    | 東京都における産業用ドローンの利活用及び市場拡大のポイント  | 18 |
| (別添資料) |                                |    |
| 1.     | 貨物輸送                           | 19 |
| 2.     | 鉄道施設点検                         | 21 |
| 3.     | 商業空撮                           | 23 |
| 4.     | 圃場センシング(生育状況確認)                | 25 |
| 5.     | 森林調査                           | 28 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 6. 建築施工管理 .....    | 30 |
| 7. 太陽光パネル点検.....   | 32 |
| 8. 保険事故調査 .....    | 34 |
| 9. 土木測量.....       | 35 |
| 10. 巡回警備・緊急対応..... | 37 |
| 11. 消防.....        | 39 |

## 第1章 序論

### 1.1 本書の趣旨

少子高齢・人口減少社会において、AI、IoT、ロボットを始めとする第4次産業革命と呼ばれる状況を背景に、産業構造や就業構造が劇的に変化することが予測されている。その中で技術革新や利活用が拡大しているドローンは災害や物流、農業など様々な産業分野において具体的な利活用が試みられる一方、空の利活用拡大に伴い「空の産業革命」と呼ばれる新たな技術やサービス創出の潮流が生じている。このような状況において、産業用ドローンの利活用及び市場の動向の把握が重要であると考え。本書では、東京都における産業用ドローンの普及状況及び今後の利活用動向について紹介する。

### 1.2 本書の内容

以下の項目を紹介する。

1. 東京都における現状の市場規模の推計  
2018年時点での東京都内における産業用ドローンの市場規模
2. 東京都における将来の市場規模の予測  
2030年時点での東京都内における産業用ドローンの市場規模
3. 産業用ドローン利活用に係る優良事例  
既にドローンを利活用したサービスが提供され、作業効率の改善や収益性の向上が検証されているものや、現在は実証実験段階であるが、将来的に市場が拡大すると予測されるものを紹介する。

本書では以上の項目を紹介するとともに、今後、東京都における産業用ドローンの利活用及び市場の拡大見込みや、将来の市場拡大にあたっての課題についても考察する。

## 第2章 東京都における産業用ドローンの市場規模の推計と予測

### 2.1 東京都の産業用ドローンの市場規模の推計と予測における前提条件

#### (1) 産業用ドローン市場を形成するステークホルダ

産業用ドローンの市場規模は、図 2-1 のように 4 種類のステークホルダ間の取引（サービスの提供と対価の支払い）の結果、サービス提供者側に生じた売上の総計であると定義した。4 種類のステークホルダの詳細は表 2-1 のとおり。

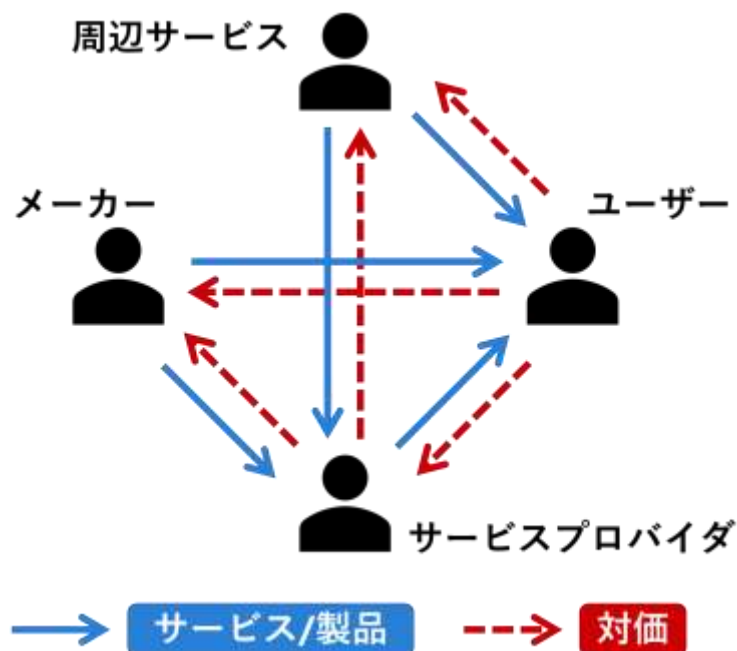


図 2-1 産業用ドローン市場での取引

表 2-1 産業用ドローン市場を構成するステークホルダ

| ステークホルダ   | 説明                                                                                                                          |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| サービスプロバイダ | ドローンを活用した業務を希望しているユーザーに対して、ある特定のサービスを提供する事業者                                                                                |
| メーカー      | 機体を製造し、産業用ドローンを利用したサービスを提供するサービスプロバイダ、あるいは産業用ドローンを自ら活用するユーザーに対して、直接もしくは、販売代理店を通して、機体を販売する事業者<br>(本調査では、便宜上、販売代理店をメーカーに分類する) |
| 周辺サービス    | 産業用ドローンのメンテナンス、必要なパーツの販売、あるいはドローンが落下した場合などに発生する損害を補償するための保険等、産業用ドローンの利活用を促進し、機能させるためのサービスを提供する事業者                           |
| ユーザー      | 上の各事業者へ対価を支払い、産業用ドローンを利用する事業者または個人                                                                                          |

#### (2) 東京都における市場規模

いずれのステークホルダも、東京都内に事業所をおいていたとしても、東京都内のユーザーだけでなく、他道府県のユーザーに対してもサービスを提供し、売上を得ていると考えられる。本調査では、東京都内および他道府県のステークホルダが東京都内のユーザーにサービス提供して得られた売上の総計を、東京都における産業用ドローン市場規模と定義する。

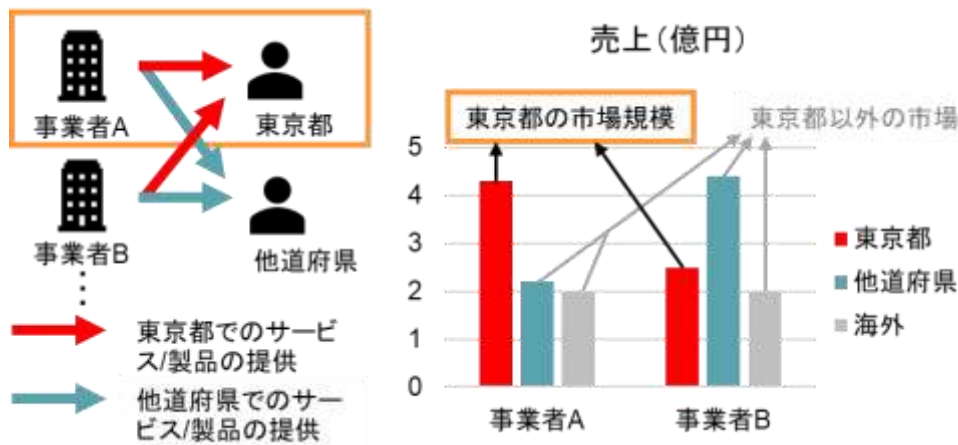


図 2-2 東京都の市場規模算出イメージ

(3) 2030年の東京都の姿 (人口動態・産業への影響)

図 2-3、図 2-4 および図 2-5 により東京都の人口動態を考察し、人口動態の変化が産業全体に及ぼす傾向を考察する。

図 2-3 より 23 区では、2030 年まで人口が増加するため、第三次産業では需要が増加していると考えられる。

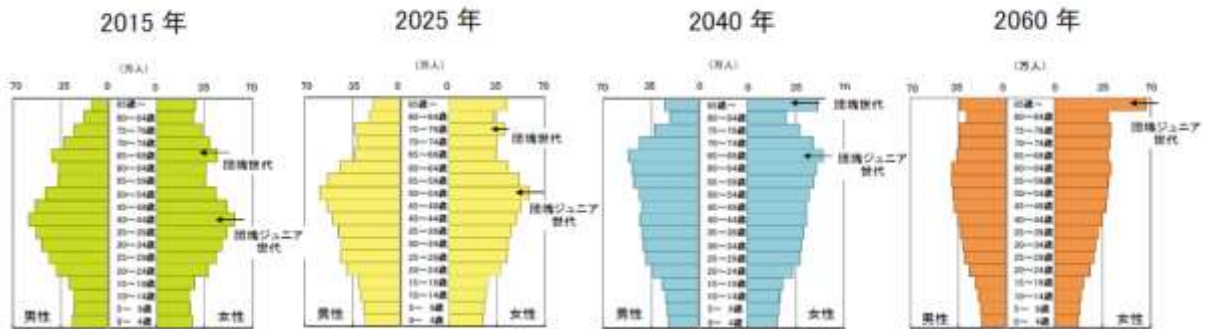
一方で、図 2-4 および図 2-5 より第一次産業から第三次産業までのすべての産業で、働き手が高齢化しているため作業の効率化および自動化が求められていると推察される。特に、若い働き手が減少しているため、警備、点検、清掃などの労働集約的な作業は自動化が強く求められる。

以上より、2030 年の東京都の姿は、表 2-2 に示すような状態であると予想される。



図 2-3 東京都における人口推移

＜東京都の人口ピラミッドの推移＞

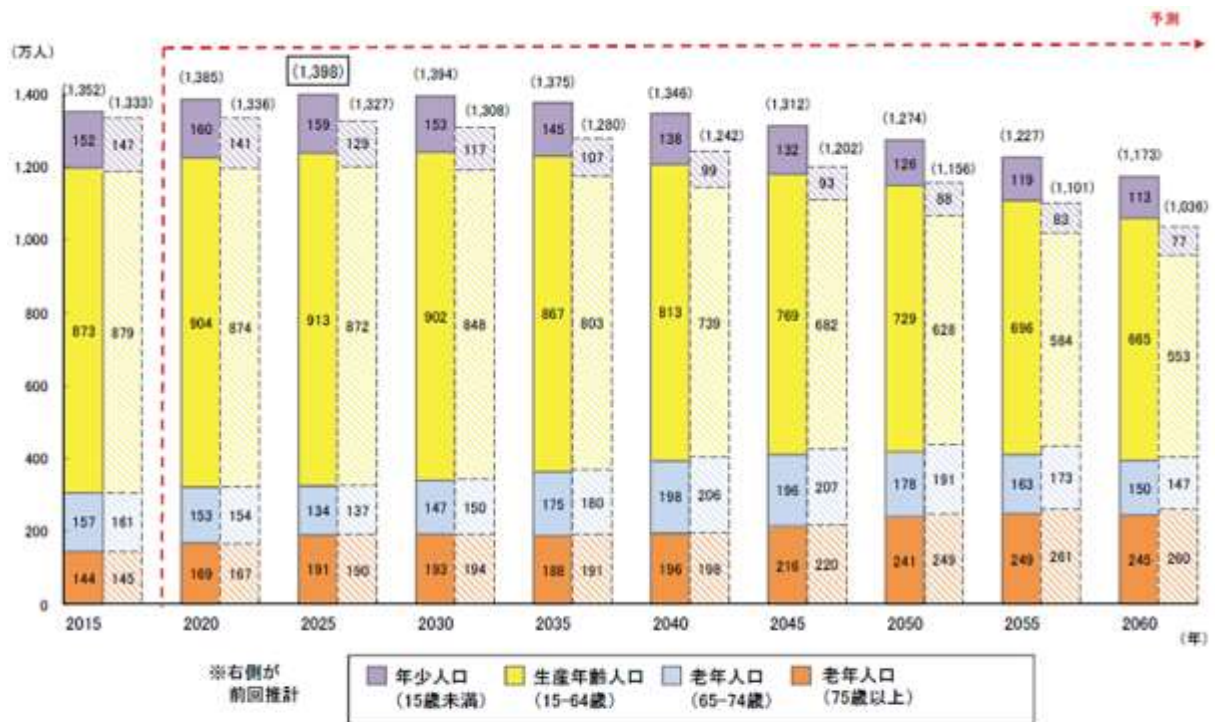


(資料) 「国勢調査」(総務省) 等より作成

(備考) 1. 2025年以降は東京都政策企画局による推計

2. 各ピラミッドに示した団塊世代及び団塊ジュニア世代の年齢階級には、それ以外の世代も含まれる

図 2-4 東京都における人口ピラミッドの推移



(資料) 「国勢調査」(総務省) 等より作成

(備考) 1. 2020年以降は東京都政策企画局による推計

2. 四捨五入や、実績値の総数には年齢不詳を含むことにより、内訳の合計が総数と一致しない場合がある

図 2-5 東京都の年齢階級別人口の推移

表 2-2 2030 年の東京都の人口動態および産業への影響

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 人口動態   | <ul style="list-style-type: none"> <li>2030 年の東京都の人口は 1394 万人（ピークは 2025 年の 1398 万人）</li> <li>23 区の人口は 2030 年がピークで 979 万人</li> <li>2030 年の東京都内の人口構成は団塊ジュニア世代の 55-59 歳が最多</li> <li>2030 年の老年人口の割合は 24.3% で 4 人に 1 人が高齢者</li> <li>生産年齢人口は現在とほぼ同じだが、最も多いのは団塊ジュニア世代の 55-59 歳</li> </ul> |
| 産業への影響 | <ul style="list-style-type: none"> <li>働き手の高齢化により、作業の効率化、自動化が求められる</li> <li>若い働き手は減少するため、特に労働集約的な作業は自動化が進む（警備、点検、清掃など）</li> <li>23 区では人口が増加するため、サービスの需要が増加する</li> </ul>                                                                                                            |

(4) 2030 年にかけての産業用ドローン技術の発達

産業用ドローンの利活用拡大のためには、関連技術の発展が求められ、現在様々な事業者や学術研究機関が技術開発を行っている。本調査では機体の制御や運航管理、飛行性能等について、表 2-3 のとおり現状と 2030 年時点の技術レベル予想をまとめた。

表 2-3 2030 年にかけての産業用ドローン技術の発達予想

| 技術分野           | 2018 年の一般的なドローン                                                                                                     | 2030 年の予想                                                                                              |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 機体の制御、<br>運航管理 | <ul style="list-style-type: none"> <li>屋外の衝突回避、突風対応技術の開発</li> <li>屋内を自律飛行する機体の製品化</li> <li>運航管理システムの実証試験</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>屋内・屋外での自律飛行</li> <li>運航管理システムに基づく、同一空域での複数機体の飛行</li> </ul>      |
| 飛行性能           | <ul style="list-style-type: none"> <li>飛行時間は数十分</li> <li>積載重量は 3~6 kg</li> <li>大きな飛行音</li> <li>防水・防塵性に課題</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>飛行時間、飛行距離、積載重量の増加</li> <li>機体は低騒音で全天候に対応</li> </ul>             |
| 撮影・通信          | <ul style="list-style-type: none"> <li>昼間の 4K 解像度の撮影</li> <li>4G LTE 通信</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>昼夜を問わず 8K などの高精細な静止画・動画の撮影</li> <li>5G 通信によるリアルタイム転送</li> </ul> |

2.2 東京都の産業用ドローンに関する市場規模の推計方法

2018 年の市場規模の推計、ならびに 2030 年の市場規模の予測は、以下の手順に基づいて行った。

- 2018 年における東京都の市場規模を仮推計  
(推計の根拠は、統計データ等既知のデータと参考文献等から類推したデータ)
- 2.1 (3) および (4) を考慮し、2030 年における市場の状態を予測
- 2030 年の市場の状態をもとに、2030 年の市場規模の算出方法を検討
- 2030 年の市場の状態から、推計の際に用いたパラメータを調整し、2030 年の市場規模を仮で予測
- ドローン関連事業者に対して、アンケートおよびヒアリングを実施
- アンケート結果およびヒアリング内容をもとに、パラメータを再度調整
- 2018 年の市場推計結果と 2030 年の市場予測結果を調整

1)~4) に関連する推定式は、表 2-4 の通りである。



表 2-4 ステークホルダ別の市場推定式の基本形

| ステークホルダ   | 使用する推定式                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| サービスプロバイダ | <p>基本的には、推定式 1 を使用する。</p> <p>推定式 1：<br/>                     (市場規模) =<br/>                     (サービス単価) × (ドローンによる代替率) × (需要に基づく年間全体実施回数)</p> <p>ただし、2018 年の推計を中心に、予備として推定式 2 から推定式 5 も使用する。</p> <p>推定式 2：<br/>                     (市場規模) =<br/>                     (産業別のドローン市場規模) × (東京都産業活動別 GDP) ÷ (全国産業活動別 GDP)</p> <p>推定式 3：(市場規模) = (A 社年間売上) + … + (X 社年間売上)</p> <p>推定式 4：(市場規模) = <math>\sum \{ (サービス単価) \times (実施回数) \}</math></p> <p>推定式 5：(市場規模) = (1 社売上) × 100 / (会社のシェア率)</p> <p>機体と運用サービスをパッケージで導入する場合は、推定式 6 を使用する。</p> <p>推定式 6：(市場規模) = (機体価格) × (必要台数) ÷ (耐用年数)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| メーカー      | <p>推定式：<br/>                     (市場規模) = (東京都における年間販売機数) × (1 機の機体・関連部品価格)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 周辺サービス    | <p>運航管理システム市場の推定式：<br/>                     (市場規模) =<br/>                     (東京都の総ドローン数) × (平均年間契約料)</p> <p>ドローンハイウェイ市場の推定式：<br/>                     市場規模 =<br/>                     (東京都市圏の物流拠点) × (拠点ごとの事業者数) × (東京都内の利用率)<br/>                     × (サービス価格) × (ドローン代替率)</p> <p>ドローン損害保険市場の推定式：<br/>                     (市場規模) =<br/>                     (東京都の総ドローン数) × (保険加入率) × (年間保険料)</p> <p>レンタルドローン市場の推定式：<br/>                     (市場規模) =<br/>                     (東京都の総ドローン数) × (レンタル率) × (レンタル料/機)</p> <p>機体メンテナンス市場の推定式：<br/>                     (市場規模) =<br/>                     (東京都の総ドローン数) × (年間修理回数) × (修理料金)</p> <p>操縦訓練市場の推定式<br/>                     (市場規模) =<br/>                     (新規資格取得操縦士数) × (認定スクール受講料)<br/>                     + (資格更新操縦士数) × (資格証明更新手数料) ÷ (資格証明有効期限)</p> <p>ドローン専門人材派遣市場の推定式<br/>                     (市場規模) =<br/>                     (東京都におけるドローン操縦士数) × (派遣労働者割合) × (派遣労働者売上高/人/年)</p> |

5)、6)に関連するアンケートの回答状況及びヒアリング実施状況は、表 2-5、表 2-6 の通りである。

表 2-5 アンケート回答状況

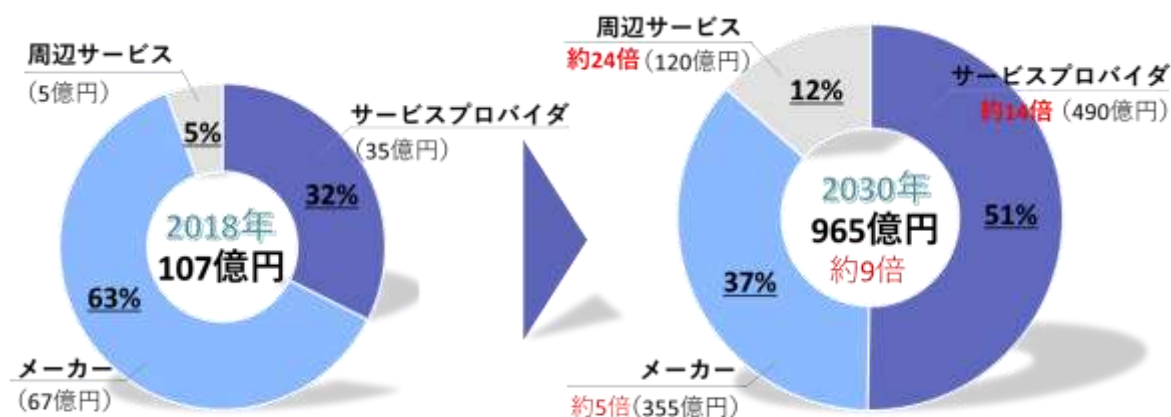
|      | 実数 (社) | 割合 (%) |
|------|--------|--------|
| 回答   | 118    | 36.5   |
| 回答辞退 | 37     | 11.5   |
| 未回答  | 168    | 52.0   |
| 合計   | 323    | 100.0  |

表 2-6 ヒアリング対象企業の種別と企業数

| ステークホルダ | 利活用方法ごとのヒアリング対象企業数                                                                                                                                        |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| メーカー    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機体製造 2 社</li> <li>・販売代理店 2 社</li> </ul>                                                                           |
| 周辺サービス  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・運航管理システム 3 社</li> <li>・ドローン損害保険 2 社</li> <li>・レンタルドローン 2 社</li> <li>・操縦訓練 2 社</li> <li>・ドローン専門人材派遣 2 社</li> </ul> |

### 2.3 2018 年と 2030 年の市場規模推計結果

推定した 2018 年と 2030 年のドローン市場規模を図 2-6 に示す。



注) 市場規模の数値は、本調査の前提条件に基づく算出結果であり、必ずしも実態を示すものではない。また、将来の市場はドローンの技術レベルの進展や法制度の整備状況によって変動する。

図 2-6 2018 年と 2030 年のドローン市場規模

2018 年の東京都の市場は 107 億円と推定された。全国の産業用ドローン市場の規模は 931 億円と推定されており<sup>1</sup>、東京都の市場は全国の約 11%を占めると推測される。2018 年の全国に対する東京都の GDP 比が 19.5%であることから、ドローン産業の市場は、地方にも分散していると推察できる。

上記推測は「現状のドローンを活用したサービスは、飛行許可取得の容易さから、地方でのサービス展開が先行している」という、本調査で行ったアンケートおよびヒアリングで得られた意見とも一致している。

2030 年の東京都の市場は 2018 年比で約 9 倍の 965 億円となることが予測された。2030 年までの市場規模の伸び率では、特にサービスプロバイダ (約 14 倍) 及び周辺サービス (約 24 倍) で大きく、市場規模拡大が顕著である。市場規模におけるステークホルダの比率でみた場合、2018

<sup>1</sup> インプレス総合研究所：ドローンビジネス調査報告書 2019、pp. 21、2019

年から 2030 年にかけて、サービスプロバイダの割合が 32%から 51%へ向上しており、東京都での利活用が拡大していく傾向があるという予測結果になっている。一方、メーカーの市場規模が全体の 37%と引き続き大きな比率を占めているが、これはサービスプロバイダの多くが東京都に事業所を置き、それら事業所がメーカーから機体を購入するため、東京都における販売台数が多く計上されている傾向が想定される。

(1) 2018年と2030年 サービスプロバイダに関する市場規模

サービスプロバイダ市場の内訳は図 2-7 の通り。



図 2-7 サービスプロバイダ市場の内訳

図 2-7 の市場規模は活用分野ごとに集計を行った。各活用分野に含まれるドローンの利活用方法について表 2-7 に示す。

表 2-7 各活用分野に含まれる利活用方法

| 活用分野     | 数  | 利活用方法                                                                                                                                                                              |
|----------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| インフラ維持管理 | 10 | 鉄塔点検、送電線点検、風力発電機点検、太陽光パネル点検、通信施設点検、鉄道施設点検、橋梁の近接撮影、橋梁の打音検査、ダム点検、下水道点検                                                                                                               |
| 測量       | 1  | 土木測量                                                                                                                                                                               |
| 物流       | 3  | 貨物輸送、フードデリバリー、血液検体輸送                                                                                                                                                               |
| 農林水産業    | 17 | 農薬散布、肥料散布、播種、受粉、圃場センシング（生育状況確認）、圃場センシング（病害虫発生推定）、鳥獣追払い、有害鳥獣調査、収穫、有害鳥獣誘引、害虫駆除、個体モニタリング、牧畜犬代用、森林調査、魚群探知、赤潮対策、生育環境保全                                                                  |
| 警備       | 2  | 工事現場安全確認・警備・監視、巡回警備・緊急対応                                                                                                                                                           |
| 防災       | 2  | 気象観測、状況確認支援                                                                                                                                                                        |
| メディア・空撮  | 5  | 報道撮影、商業空撮、レース・スポーツ中継、広告、街頭インタビュー                                                                                                                                                   |
| 通信       | 1  | ドローン基地局                                                                                                                                                                            |
| 保険事故調査   | 1  | 保険事故調査                                                                                                                                                                             |
| その他      | 29 | 写真測量、斜面計測、建築施工管理、資機材運搬、塗装工事、工場点検、在庫管理、船級検査、機体整備点検、ゴミ収集、考古学調査、建築点検、交通量計測、漂着ゴミ監視、空撮補助、環境影響評価、山火事防止、清掃、ドローンレース、演出、プログラミング教育、歴史学習支援、数学学習支援、体型・運動撮影、見守りサービス、盲動ドローン、山岳救助支援、土砂埋没車両検知、迷子捜索 |

2018年の東京都のサービスプロバイダ市場は、35億円と推定された。

2018年時点の主要な活用分野は、メディア・空撮で、サービスプロバイダ市場全体の4割に相当する14億円の市場が存在すると考えられる。

一方で、2030年には物流や警備などの新たな分野の市場が形成され、サービスプロバイダ全体の市場規模は490億円まで成長すると予測された。

活用分野別では、まず物流市場の成長が著しい。物流は約100億円まで成長し、その中核は貨物輸送やフードデリバリーが担うと予想される。すなわち、日用品や雑貨の小口配送、料理の宅配にドローンが普及し、市場が形成されると考えられる。

続いて、インフラ維持管理についても、約50億円まで成長することが見込まれる。特に鉄道施設やダム、下水道などの土木構造物や通信施設を対象とした点検サービスが拡大すると考えられる。

メディア・空撮も約80億円と、将来的にも大きな市場が期待される。市場の大部分を占める利活用方法は、企業やイベントの広告、観光促進用の写真や動画を撮影する商業空撮だと考えられる。

最後に、農薬散布や圃場センシング、森林調査など、農業や林業においても大きな市場が形成されることが予想された。農林水産分野は、東京都では他道府県と比較して規模が小さいが、様々な利活用方法が検討されていることから、東京都でも今後市場が成長する可能性がある。

市場が拡大する背景として、インフラ維持管理については、これまで作業員が時間をかけて点検対象に接近し、至近距離から確認する必要があったため、コストがかかるうえに、危険な場所で作業をするリスクも大きかった。一方、ドローンを活用することによって、時間・コスト・リスクを削減することができるようになり、かつ就労人口の減少に対する解決策ともなりうるため、拡大が見込まれるものと想定される。

物流については、ドローンが登場した初期段階から、ドローンによる宅配便構想があり、ドローン業界では市場拡大の期待が大きい活用分野である。しかし、本調査で行った事業者および有識者ヒアリングにおいて、都市部においては、道路網が発展しているため、飛行するドローンのみを活用した宅配の必然性について、疑問を呈する意見もあった。一方で、地上走行型のロボットやビル等の施設に設置したドローンポートとの組み合わせによって、都市部での小規模貨物輸送をより一層効率化できるとする意見もあった。

ドローンによる物流市場の拡大については、今後の環境整備、および要素技術の進展と同時に、都市部におけるライフスタイルや流通形態も注視しながら、事業者がサービス展開にあたり、事業収益性とニーズを見極めることが重要であると考えられる。

(2) 2018年と2030年 周辺サービスに関する市場規模

周辺サービス市場の内訳は図2-8の通り。



\*1 運航管理システムは、多数のドローンが同一の空域を飛行する状況で、安全かつ効率的な運航のために必要な交通管理・管制のシステムを指す。

\*2 ドローンハイウェイとは、地図情報や気象観測等に基づいて設計したドローンの飛行ルートを目指す。ここでは飛行ルートの設計やドローンを飛行させる事業者にルートを提供するサービスのことをいう。

図2-8 周辺サービス市場の内訳

2018年に存在する市場は、操縦訓練、ドローン損害保険、ドローン専門人材派遣、レンタルドローンであった。

2030年には運航管理システム、ドローンハイウェイ、機体メンテナンスの市場も確立している。

2018年と2030年における周辺サービスに関する市場規模において、もっとも顕著な差異は、運航管理の急激な拡大である。運航管理システムの市場は、2030年には80億円となることが予想された。これは、将来的に東京都での有人地帯（第三者上空）での目視外飛行（レベル4）、ならびにほとんどのサービス提供において、運航管理システムによる飛行状態の管理は、前提条件となっていると考えられるためである。その点は、事業者および有識者の共通認識でもあった。

一方で、運航管理システムが具体的にどのようなものであり、またどのようにサービスが提供され、運用されるのかについては、まだ明確なコンセプトが描かれていない状況である。他国でも検討されているように、ドローンの運航管理システムは、まず限定された地域内での管理からスタートし、その領域が拡大・統合され、最終的には航空管制システムと情報を共有するレベルに到達すると考えられている。なお、東京都における運航管理の市場は、2030年に東京都で運用されるドローンを管理する、運航管理システムを提供する事業者の売上のことを示している。

周辺サービスで2番目に大きい市場規模となることが予想されたのは、ドローンハイウェイである。将来ドローンの利活用が拡大することに伴って、ドローンを利活用する事業者から委託されて、ドローンの飛行ルートを提供するビジネスが広がると考えられる。

ドローン損害保険市場も、2018年から堅調に増加することが予測された。同分野について、2018年度に発表された国土交通省航空局のデータによれば、飛行許可申請を提出している事業者のうち86%が保険に加入している。今後も専門業務の増加や機体価格の上昇により、加入率は高水準で推移し、機体数の増加とともに市場が拡大することが考えられる。

## 第3章 産業用ドローンの利活用に係る優良事例

### 3.1 優良事例の選定基準

既にドローンを利用したサービスが提供され、作業効率の改善や収益性の向上が検証されているものや、現在は実証実験段階であるが、将来的に市場が拡大すると予測されるものを優良事例として合計11事例紹介する（表3-1）。

表3-1 優良事例一覧

| 番号 | 利活用方法           | 取組み／普及状況     |
|----|-----------------|--------------|
| 1  | 貨物輸送            | 実証実験         |
| 2  | 鉄道施設点検          | 実証実験         |
| 3  | 商業空撮            | サービス提供中／導入済み |
| 4  | 圃場センシング（生育状況確認） | サービス提供中／導入済み |
| 5  | 森林調査            | 実証実験         |
| 6  | 建築施工管理          | サービス提供中／導入済み |
| 7  | 太陽光パネル点検        | サービス提供中／導入済み |
| 8  | 保険事故調査          | サービス提供中／導入済み |
| 9  | 土木測量            | サービス提供中／導入済み |
| 10 | 巡回警備・緊急対応       | サービス提供中／導入済み |
| 11 | 消防              | 実証実験         |

### 3.2 紹介する内容

優良事例については、以下の項目をまとめた。

- ① 事業と取組内容
- ② ビジネスモデル
- ③ 機体等に関する技術
- ④ ドローン導入に関する利点
- ⑤ 課題

本書では、①から⑤を要約し、＜概要＞、＜利点＞、＜課題＞および＜成長可能性＞の観点で記述する。なお、①から⑤は別添資料で詳述している。

### 3.3 ドローン利活用の優良事例

ここでは、貨物輸送、鉄道施設点検および商業空撮の事例について記載する。それ以外の事例については、別添資料に記載した。

#### (1) 貨物輸送

##### ＜概要＞

ドローンに食料品等の商品を積載して目的地まで配達する取組みで、迅速かつ高頻度のサービス提供を目指している。現在、図3-1のように全国各地の、主に中山間地域や離島といった物流網が脆弱な地域で実証実験が行われている。実証実験のチームは小売やEC、通信、地図サービス、気象、機体メーカーなどの分野の事業者から構成されることが多い。

##### ＜利点＞

ドローンを使用して商品を輸送することで、物流や交通が脆弱な地域での輸送コスト削減が期待される。また、輸送時間の短縮や輸送頻度の増加による利便性の向上も見込まれる。自動飛行

するドローンでの宅配サービスが実装した場合、近年問題になっている、インターネット販売の利用拡大に伴う配送員の不足が緩和されることも予想される。

#### <課題>

サービスでは、第三者および私有地等上空の目視外飛行を実施する際に、周辺住民や所有者に安全性を説明し、理解を得ることが必要である。一般社団法人 日本 UAS 産業振興協議会 (JUIDA) は「無人航空機による物流に関する安全ガイドライン」を発行し、機体や運航管理に関する物流事業者の責任を示している。また、サービスの実装にあたり、積載重量や航続距離を大きくした、輸送に特化した機体の開発も求められている。

#### <成長可能性>

まず中山間地域や離島などの物流網が脆弱な地域でサービスが実装し、拡大することが予想される。その後都市部でのサービス開始も予想されるが、都市部では特に衝突・墜落対策を含めた自律飛行技術や運航管理システムの実装、関係者との合意形成などの課題を解決することが必要である。



図 3-1 全国各地で行われる商品宅配の実証実験（一部）

### (2) 鉄道施設点検

#### <概要>

ドローンに可視光カメラを搭載し、点検対象を撮影して画像を解析することで構造物を点検する。対象は、橋梁やトンネル、のり面が挙げられる。ドローンによる点検は、従来の人手での点検と比較して、短時間かつ低コストで実施することが可能である。

#### <利点>

点検にドローンを使用することで、作業要員および作業時間を削減することが可能である。これは点検時に必要な足場が不要になり、1機で広範囲を迅速に点検できることが理由である。鉄道施設点検に類似した利活用方法である道路橋の点検では、橋長 100 m の橋梁を対象とした実証実験で、図 3-2（左）のように作業時間および作業コストの削減が可能なが示唆された<sup>2</sup>。また、作業員が高所や狭所を移動することが少なくなり、点検の安全性が向上することも期待されている。

本利活用により点検作業の質が向上したり、点検頻度が高まったりすることで、インフラの不具合によるサービス中断や第三者被害（コンクリート片の落下など）のリスクも減少すると考えられる。

<sup>2</sup> 日本経済新聞 Web：ドローンで橋梁点検の実験、大津市が実施、令和元年 11 月 22 日

<課題>

正確な点検を実施するためには高解像度の写真を撮影することが必要である。点検作業を一層効率化するために、撮影した画像からひび割れ等の変状を自動判別できる解析技術も求められている。また、トンネル内や桁下など、構造物によりGPS電波が妨げられる場合の飛行技術も開発段階にあるものが多い。点検時には、周辺住民への配慮も不可欠である。

<成長可能性>

鉄道では供用年数が増加した施設が増えている(図3-2(右))。一方で、インフラの維持管理は限られた予算・人員で実施する必要があるため、点検の効率化が求められている。この状況は道路においても同様であり、国土交通省は2019年2月に道路橋定期点検要領および道路トンネル定期点検要領を改正し、近接目視と同等の健全性の診断ができる方法を認めた。以上より、今後もドローンによる鉄道施設や他のインフラ点検サービスの需要は高まることが予想される。

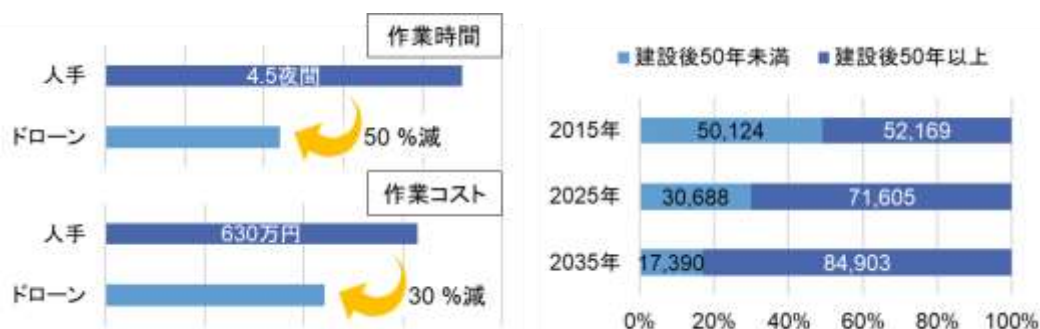


図3-2 (左) 実証実験に基づく点検効率化予測<sup>2</sup> (右) 国内の鉄道橋梁の供用年数<sup>3</sup>

(3) 商業空撮

<概要>

ドローンに搭載したカメラにより、企業やイベントの広告、観光促進用の写真や動画を空撮する。取得される画像は高所から俯瞰するような構成でダイナミックさも感じられ、顧客やターゲット層に対して訴求力の高い映像を提供できる。サービス利用者としては主に企業やイベント主催者、自治体、観光協会などが想定される。

<利点>

ドローンを使用することで、空撮を省力化できる。従来のクレーンと比較した場合、準備や撮影時間が短縮される。また、有人ヘリコプターと比較した場合では、コストの削減が顕著である。

<課題>

今後の課題としては、都市部などの人口密集地域での利用拡大を目指し、空撮時の安全性(建物や鳥などに対する衝突回避や墜落時の対策など)を検証することが必要である。空撮業務数の増加に伴い、プライバシーの侵害や個人情報保護に対する懸念も指摘されるようになってきており、空撮時には事前の調整が必要なケースもあると予想される。

<成長可能性>

本サービスはドローンを利活用した他のサービスと比較して事業参入障壁が低いと考えられ、多くの事業者が存在している。競争の激化で事業者の淘汰が進んでいると推測され、事業者には

<sup>3</sup> 総務省行政評価局：社会資本の維持管理及び更新に関する行政評価・監視 ―鉄道施設の保全対策等を中心として― 結果に基づく勧告、pp. 2、平成27年11月



高いレベルの操縦・撮影技術や編集までの高品質なワンストップサービスが求められると考えられる。



図 3-3 空撮用機体<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> DJI 社 HP

## 第4章 まとめ

### 4.1 産業の動向概要

2030年における東京都の産業用ドローンの市場規模予測を行うにあたり、その前提条件として、2030年時点での東京都の人口動態と産業構造について以下の予測を行った。

- 第一次産業から第三次産業までのすべての産業で、働き手が高齢化しているため作業の効率化および自動化が求められていると推察される。特に、若い働き手が減少しているため、警備、点検、清掃などの労働集約的な作業は自動化が強く求められる。
- 23区では、2030年まで人口が増加するため、第三次産業では需要が増加していると考えられる。

また、2030年にかけての産業用ドローンに関連する技術の発達を以下のように予想した。

- 飛行技術では、屋内・屋外での自律飛行の実現、さらに運航管理システムの構築により、同一空域での複数機体の飛行が実現する。
- 飛行性能では、飛行時間、飛行距離、積載重量の増加や低騒音化、全天候対応が進む。
- 撮影・通信技術では、高精細な静止画・動画のリアルタイム転送が実現する。
- 上述の技術の発達により、ドローンの利活用範囲が広がる。

### 4.2 東京都における産業用ドローンの市場規模の現状と将来

東京都における産業用ドローンの市場規模について、2018年の現状を推計し、2030年における予測を行った。その結果、以下のことが分かった。

- 2018年における東京都の産業用ドローンの市場規模全体は、107億円と推計された。
- 2030年における東京都の産業用ドローンの市場規模全体は、965億円と予測された。
- 東京都の市場規模は、2030年までに約9倍になり、そのうち伸びが顕著であったのは、周辺サービス（ドローンの修理やメンテナンス、損害保険など、ドローンによるサービスが成立するために必要な事業）とサービスプロバイダ（ドローンを使って、ある産業や業種におけるサービスを提供する事業者）であり、それぞれ約24倍と約14倍の成長率を示している。
- ドローンを活用したサービスのうち、成長が著しいのは物流分野（約100億円）およびインフラ維持管理分野（約50億円）である。
- メディア・空撮は、堅調に成長しており、2018年から約6倍増加している。
- 物流は、将来的に期待されている分野であるが、市場規模の拡大にあたっては、人口密集地をドローンが飛行できるよう、技術的課題がクリアされ、関連法令の整備等も実施されていることが前提となる。
- 周辺サービスでは、運航管理サービス（80億円）の伸びが著しく、また市場規模も約半分を占めている。

なお、上記の推計と予測結果は、本書における市場規模の算出にあたって設定した、いくつかの前提条件のもとで導かれたものである。よって、必ずしも実態を正確に示すものではないことに留意が必要である。

### 4.3 東京都における産業用ドローンの利活用及び市場拡大のポイント

2030年に産業用ドローン市場を形成するサービスとして期待されているものの多くは、有人地帯での目視外飛行（レベル4）が実現された後、都市部における第三者上空の飛行が実現可能となって提供可能となるものである。その実現に向けて、一部、機体登録制度やリモートIDなどの制度化の検討が進んでいるが、機体の安全基準や飛行経路の問題など、課題が残されている。都市部における第三者上空の飛行を実現するため、関係法令を含む環境整備と技術要素の開発が必要である。

また、産業用ドローンの自動飛行の実現は、市場拡大の上で必須と考えられる。自動飛行が可能になった場合、これまでドローンを使用した経験がない人でもドローンを業務に活用することが可能となり、作業の省力化が図られるため、現在サービス提供中の利活用、実証実験段階の利活用を問わず、現状では想定されていないようなドローンの利活用が拡大することが期待される。この実現のため、自律飛行技術や運航管理システムによる管理の確立が必要であるとともに、自動飛行を前提としたサービスや運用の構築が今後求められる。

産業用ドローンを用いたサービスの開発においては、飛行許可取得の容易さから、地方でのサービス展開を先行してビジネスモデルを確立し、その後に東京都を含む都市部への事業拡大を計画する事業者が多く見られた。地方都市においてドローンによる利便性向上をサービスとして実現し、認知度を高めたうえで、上述の環境が整った段階で東京都内にそのサービスを展開する形が現実的であると考えられる。

## 1. 貨物輸送

### 事業と取組内容

物流業界におけるモノの輸送は、拠点間の輸送と拠点から消費者の間の輸送に大別できる。山間部や離島など物流や交通が脆弱な地域では、集積所から消費者へ荷物を運ぶ、いわゆるラストワンマイルについて、ドローンを使用することで、輸送コストの削減やサービス利用者の利便性向上が見込まれており、実際のサービス導入を目指して、各地で実証実験が行われている。

2018年には、中山間地域でドローンを活用した荷物配送サービスの実証実験が行われた。実験では、市街地の小売店から川の上空を飛行した、中山間地の拠点までの食料品等の輸送および中山間地拠点から集落への輸送を行った。同時に、地元企業と連携した買い物弱者支援と地域経済の振興も試みている。2019年には、半島-無人島間（約1.5km）において、アプリから注文した商品を配達する実証実験が行われた。2019年10月から2020年1月には、過疎地へ生活用品等を配達する継続的な実証実験が行われている。配達実験は、毎週火・木・金に1日1便を基本として行われている。配達距離は、約10kmから約30kmで、長距離・大量輸送に適した、エンジンを搭載したドローンを使用している。

そのほかにも、食料品等輸送の実証実験については、複数のグループが取組みを行っている。

各実証実験の実施体制は、従来の小売事業者やEC事業者、ドローンの機体や運航管理システムのプロバイダ、通信事業者、地図サービス事業者、民間気象事業者らからなっている。本利活用がサービス実装をした場合でも、同様の事業者が参画するビジネスモデルとなると予想される。

一般社団法人 日本 UAS 産業振興協議会 (JUIDA) は、2018年3月に「無人航空機による物流に関する安全ガイドライン」を発行している。ガイドラインでは無人航空機および飛行空路の前提条件、物流業者の責任範囲を提示している。JUIDAは今後、複数機同時運航に関する運用規定についても議論するとしており、サービスの普及やドローン技術の発展に伴って、ガイドラインを更新していくことが予想される。



写真 1 実証実験の様子<sup>5</sup>

### ビジネスモデル

サービスプロバイダは、消費者から直接配送料を徴収したり、販売価格に配送料を含めたりすることで、ドローンによる輸送サービスで収益を得ると考えられる。

消費者がドローンによる配送サービスに対して、コストに見合った利便性があると評価すれば、利用数が増え、従来アクセスの不便さから控えられていた消費が活性化することが考えられる。特に、山間部や離島では物流網が脆弱であり、ドローンにより物流を補完できた場合、消費を促進する経済的な意義は大きいと考えられる。

<sup>5</sup> 期間限定で実施された国内初となる離島の一般利用者へのドローン商用配送サービス  
<http://logistics.jp/media/2019/06/21/3227>

国内では、BtoC の物販系での EC 市場は拡大傾向にある。これに伴って、宅配便個数も増加している。現状の運送業界の人手不足や今後の EC 市場の成長を考慮すると、ドローン物流に対する期待や、サービス実装後のドローン物流市場の成長が見込まれる。

### 機体等に関する技術

各実証実験では、積載重量の大きな大型ドローンが使用されている。一部の実証実験は、目視外の自律飛行を行っていることを明示しており、ドローンによる自動配送に向けた知見が得られていると考えられる。

搭載したエンジンで発電し、電気でモーターを回して飛行する、長距離型のドローンを使用した実証実験も行われている。飛行距離は最大 30 km、飛行時間は 90 分となっており、バッテリーで飛行するドローンと比較し、飛行性能が向上している。

一方で、現在のドローンは積載重量が小さく、事業化が困難であることを指摘している例もある。また山岳部では、気温の低下によるバッテリー性能の劣化、気象条件の変化、突風や強風などドローンの安定飛行の阻害および航続距離の短縮につながるような、厳しい環境であるため、山岳部での運用に特化した機体開発の必要性も検討する必要がある。

### ドローン導入に関する利点

ドローンによる配送は、消費者への新たな商品配送の手段となり、利便性が向上する。特に、山間部や離島など物流が脆弱な地域では、輸送時間を短縮したり、輸送頻度を増やしたりすることが可能になる。また、高齢者など外出が困難な人びとへの宅配サービスへの適用も有意義だと考えられる。

さらに、自律飛行による自動配送が実現した場合は、配送人員不足の解決策となることが期待される。

商品を扱う小売業者にとっても、ドローンによる配送サービスを利用する消費者の増加により、売り上げの増加が期待される。さらに、消費者にとって利便性の高い配送手段としてドローンを活用することで、ドローンを導入しない競合他社より優位性を確保できる可能性がある。

### 課題

本利活用のサービス実装および普及のためには、以下の課題に取り組むことが必要である。

- 利活用に適した機体の開発
- 機体整備のルール作成
- 飛行中の配送商品の品質管理
- 自律飛行技術（衝突、墜落対策を含む）
- 空のルート設計および関係者との合意形成
- 安全性検証と社会的受容性の醸成
- 通信、運航管理システムの確立

### まとめ

本サービスについては、山間部や島しょ部での商品輸送や、高齢者などへの宅配に対するサービス向上、経済への好影響が期待されている。機体に関しては、前述したエンジン搭載型のドローンや、長距離飛行、大量輸送に適したドローンの開発が続けられている。

2018 年には無人地帯での目視外自律飛行が可能になり、山間部や海上などで商品配送の実証実験が進んでいる。また、2022 年度には有人地帯での目視外自律飛行も可能になる予定である。したがって、今後は無人地帯で本利活用のサービス実装が図られ、郊外の有人地帯でも実証実験やサービス実装が進むと予想される。東京都においても、はじめに多摩の中山間地や島しょ部で利活用が始まり、その後郊外の有人地帯に拡大することが予想される。「空の産業革命に向けたロードマップ 2019」に示されるとおり、23 区内などの都市部でのサービス実装は、郊外の有人地帯でのサービス普及や安全性が確認された後になる。

## 2. 鉄道施設点検

### 事業と取組内容

橋梁やトンネルなどの鉄道施設について、施設の老朽化が進んでいることから、施設点検が重要視されている。一方で、従業員の高齢化や少子化による熟練の点検技術者の不足が問題になっている。同時に、点検作業者の安全確保や作業の効率化、災害時の施設被災状況の迅速な確認が求められる。そこで、ドローンに搭載したカメラによる、遠隔からの橋梁やのり面などの施設点検が注目されている。ドローンによる点検では、撮影した画像について AI を活用した画像解析を行うことで、変状の有無を自動で識別することも可能になっている。以上のことから、ドローンによる空撮と画像解析の利点を活用し、ドローンを使用した鉄道施設点検の実証実験が行われている。

ドローンによるデータ取得および画像解析による橋梁およびのり面点検を行った実証実験では、橋梁の上面や底面、水面に近い橋脚部など、近接目視による点検が難しい箇所をドローンで空撮することに成功している。のり面の点検では、ドローンでのり面を撮影し、地表面の形状を3次元の点群データとして可視化することに成功している。LTE 回線による通信と機体制御についても検証され、ドローンの位置や状態をリアルタイムで把握し、構造物の周辺であってもドローンが安全に飛行できることが確認された。今後も実証実験を重ねて実用化を目指すとともに、自動飛行の実現や解析精度向上にも取り組むとしている。

ドローンを使用した鉄道施設点検の実証実験は、複数の団体により実施されており、非 GPS 環境下のトンネル検査におけるドローンの運用開始を発表している団体も存在する。



写真 2 ドローンによる施設点検のイメージ<sup>6</sup>

### ビジネスモデル

ドローンのサービスプロバイダが鉄道施設保有者と提携してサービスを提供する形式が主になると考えられる。サービスプロバイダから機体をレンタルし、点検を行う回数に応じて定額の点検サービス費用を支払うと同時に、災害や事故が発生した場合の臨時点検サービス費用を事前に確定しておき、都度利用に応じて支払うと想定される。これらサービス費用には、機体のレンタル費用、メンテナンス費用、および画像解析システムの使用料とレポート作成に係る費用が含まれると考えられる。

鉄道施設保有者が独自にシステムを開発して運用する可能性も考えられるが、ドローンを使った鉄道施設点検については、どの程度の点検が可能であるのか、一定期間の試行が必要であると考えられることから、鉄道施設保有者がドローンや解析システム等を自社で保有するリスクをとる可能性は低く、専門の業者へアウトソースすることが一般的であると想定される。

<sup>6</sup> [https://www.tobu.co.jp/file/pdf/0f5fc3eafc73a1e18b62c9008c0385b4/newsletter\\_180413.pdf](https://www.tobu.co.jp/file/pdf/0f5fc3eafc73a1e18b62c9008c0385b4/newsletter_180413.pdf)

## 機体等に関する技術

現状では、形状や周辺環境の異なる状況下でドローンを飛行させ、点検に必要な画像データを取得する必要があるため、システムによる完全自動化は困難であり、手動で飛行させている状況である。

今後は、対象施設の形状や周辺環境から、最適な飛行ルートを自動生成し、自律飛行によって、点検作業に必要な画像データを取得することが可能になると考えられる。

これまでに実施された各グループの実証実験では、大型のドローンが使用されている。これは、ドローンにカメラや対象物を認識するセンサ、専用の通信機器を搭載する必要があり、一定以上のペイロードが要求されるためであると想定される。

通信回線に、携帯電話のLTE回線を使用し、遠隔からの操作や長距離の自動飛行時における制御信号、飛行状態のモニタリングに必要な情報、取得した画像データのリアルタイム送信を行っている事例も存在した。

## ドローン導入に関する利点

ドローンによる点検は、足場の組立てが不要であり、1機で広範囲を迅速に点検できるため、人件費を含めたコスト及び作業時間の削減が可能になる。本利活用に類似した利活用方法である道路橋の点検では、橋長100mの橋梁を対象とした実証実験で、作業時間と作業コストをそれぞれ50%、30%削減ができることが示唆された。橋梁上や線路付近施設を徒歩で点検することが少なくなった場合、安全面でもメリットになる。作業に必要な労力も減り、少子高齢化による要員不足を補うポジティブな効果が期待される。

平時は点検作業の質及び頻度が向上し、施設の問題に起因する運休などのトラブルの発生回数を削減することが可能になる。点検作業が効率化され、修繕等の対応が必要な場所の優先順位付けもあわせて実施することで、施設管理が効率的に実施可能となる。長期的な維持管理費を削減できる可能性も高い。

災害時には被災状況把握が迅速に行われ、問題箇所を早期に復旧することが可能と考えられる。

## 課題

飛行可能な気象条件や鉄道施設の運用状況に合わせた独自の安全対策マニュアルの作成、安全対策のためのグループ設置が必要であると想定される。鉄道施設を点検する場合、機体が落下するなどの事故が発生すると、列車の運行に影響を及ぼし、多大な損害を被るリスクがあり、予防的・事後的な安全対策を決めておくことが重要だと考えられる。また、確実にドローンの飛行を制御する技術の確立が必要である。ドローンに搭載するカメラの解像度向上や画像解析技術の発展もドローンの施設点検への利活用拡大に必要である。

## まとめ

鉄道施設の老朽化が顕著になる一方で、点検に従事する人員が減少しており、ドローンを使用した施設点検の需要は大きくなると予想される。今後も実証実験が継続的に行われ、各施設へのドローン点検の実用性やドローン運用の安全性が議論されたのち、本サービスの実装が進むと考えられる。

東京都においても、地上路線、地下鉄を問わず多数の路線が存在する。本利活用は、受容が困難な利害関係者は少ないと考えられる。特に地下鉄のような閉鎖空間では、外部への影響が少ないため、活用が進む可能性が高いと想定される。また、昨今では非GPS環境下でもドローンを運用する技術が開発されており、実際にトンネル検査のためのドローンの運用を開始している事例もある。将来的に鉄道各社でドローンの運用に係わる安全性が検証され、都内でも利活用が普及することが見込まれる。

### 3. 商業空撮

#### 事業と取組内容

CMを含む企業のPRやイベント、観光促進を目的として、ドローンによる空撮が利用されている。ドローンの空撮は、これまで撮影に手間を要していた、高所から俯瞰した映像を容易に得ることができ、その結果、顧客やターゲット層に対して、訴求力の高い映像を制作し、提供することが可能になる。

ドローン空撮サービス提供事業者は、サービス利用者に空撮機と操縦士を派遣して空撮を行い、得られた素材をもとに動画や写真を制作して利用者に納品する。現在、空撮用ドローンが数多く販売されており、多くの企業が商業空撮市場に参入している。



写真 3 空撮の例

#### ビジネスモデル

本サービスについて、ドローン空撮サービス提供事業者は、サービス利用者から支払われるサービス利用料により収益を得る。ドローンによる空撮のコストは、有人ヘリコプターと比較して低廉である。またオプションとして、撮影動画の編集、催事飛行等での飛行許可申請を行う事業者も存在する。

ドローンによる空撮は、機体にカメラを取り付けて撮影するだけでサービス提供が可能であることから、他のドローンを活用したサービスと比較して事業参入障壁が低く、個人での副業レベルも含めて、多くの事業者が存在する。しかしながら、サービス利用者の高い要求に応えるためには、操縦技術と写真や動画を撮影するための高い技術レベルが要求されるため、昨今では事業者の淘汰が進んでおり、双方の技術を保有する事業者が生き残りつつある状況である。以上より、今後競合の激化が予想され、収益性を確保するために他社との差別化を図ることが一層重要な要素となると考えられる。

近年、スマートフォンなどの情報機器の普及により、各種SNSへの広告が増加しており、インターネット広告は今後も堅調に増加し、CM制作のためのドローンによる空撮の市場も拡大が続くことが期待される。

サービス利用者としては、企業やイベント主催者、自治体、観光協会などが考えられる。空撮料金は他のドローン利活用事例と比較して低廉な特徴があり、ドローンによる商業空撮は多くの法人やイベント主催者が利用しやすいものと考えられる。サービス利用者は、空撮映像を有効に活用することで、事業の拡大やイベント参加者、観光客の誘致が可能になり、経済への好影響が生まれると考えられる。



## 機体等に関する技術

求められる映像の質によりカメラの種類が異なり、それに応じて大きさや重量が変わるため、搭載するカメラやジンバルの重量によって、小型から大型のドローンが利用される。また、撮影したい映像によって、要求される飛行の安定性や機動性が異なるため、飛行性能も考慮して、最適なドローンの機種を選択する必要がある。現時点では、商業空撮用に特殊な機体を利用されることはないが、今後利用者が広がり、屋外だけでなく、屋内や閉鎖空間でも撮影することが要求されるようになると、特殊な機体を用意する必要がでてくる可能性がある。現状の本サービスにおいては、撮影のためにドローンを飛行させる場合、操縦者がマニュアルで操作することが大半であると考えられる。一方、一部では自動航行による撮影も試行されており、今後は利用者のニーズに応じて、特殊な飛行技能を要求される場合には操縦者が対応し、プリセットしたルートに従って、撮影ポイントで映像を撮影するような比較的簡易な撮影の場合には、自動航行によって対応するなど、対応方法が異なると想定される。

## ドローン導入に関する利点

本サービスは、風景の撮影などで地上からとは全く異なる視点で撮影が可能で、新しい表現手法を提供することに貢献している。同時に PR する側は、ターゲット層に対して、訴求力の高い映像を発信することが可能になる。また、クレーン等で高所から撮影を行っていた従来の方法と比較し、準備や撮影時間が短縮されるメリットもある。その結果、従来よりも安価で迅速に空撮の映像を利用することが可能になった。

## 課題

人口密集地や観光地、イベントでの空撮では、墜落に対する不安が存在する。また、空撮用途の増加に伴い、意図しないプライバシーの侵害が発生してしまう可能性も指摘されている。

都市部の商業目的の空撮に関しては、現在はヘリコプターや軽飛行機を用いて行うことが主流である。ドローンが都市部で空撮を行い、既存の手段を代替するためには、都市部におけるドローンの安全対策が検証され、社会受容性が醸成されることが前提である。

## まとめ

商業空撮全般で、多くのサービス提供事業者が存在している。事業者は利用者に対して、映像の品質や撮影可能な映像のイメージと提供可能なサービスレベルと料金を明確化し、利用者が容易に事業者を選択できるように工夫が必要である。また、今後サービスが浸透し、一般的に利用されるようになると、撮影する映像に求められる要求レベルが高くなることが想定される。よって、サービス提供事業者は、他社との差別化を図れる技術や品質を、どのように提供するのかによって、事業継続性が大きく異なってくると考えられる。また、特に観光促進のための空撮については、訪日旅行客の増加や SNS の普及により空撮需要は高まっており、今後も市場が成長することが見込まれる。

#### 4. 圃場センシング（生育状況確認）

##### 事業と取組内容

農業分野では、農業従事者の減少や高齢化への対応が課題であり、農林水産省はロボット技術や ICT を活用した超省力・高品質生産を実現する「スマート農業」を推進している。また、1次産業から3次産業の相互連携による高付加価値の農産物を生産する、いわゆる「農業の産業化」によって、農業従事者の所得を向上する方策についても議論されている。その方策の一つとして、ドローンによる上空からの生育状況確認サービスが活用されている。

ドローンによる生育状況の空撮に加え、画像解析により生育状況が悪い領域をピンポイントで抽出する技術が開発されている。生産者は、システムが提示する診断結果に基づき、必要な追肥や農薬散布などの対策を行い、生産量、出荷額を増加させることができる。また、最適な収穫時期の予想も可能になるため、生産者は出荷額の増加や安定化を図ることができる。

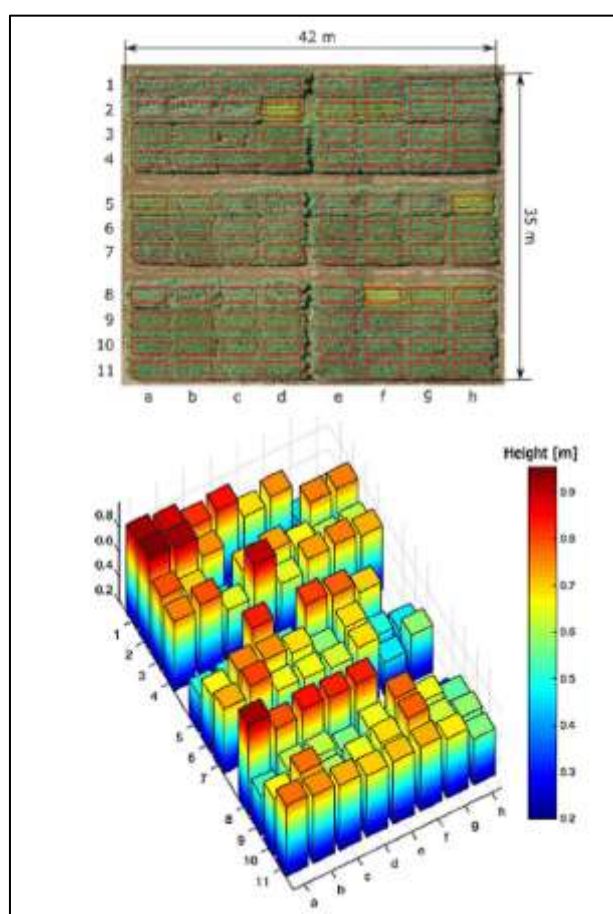


図 1 ドローンで撮影した二次元画像から作物の高さの推定<sup>7</sup>

##### ビジネスモデル

サービスプロバイダは生育状況を空撮するドローンおよび解析システムを開発している。利用者へのサービス提供のパターンとしては、以下の2パターンが存在する。

1. サービスプロバイダが解析システムのみを提供、ドローンの操縦はサービス利用者が行う
2. サービスプロバイダが解析システムと操縦代行サービスの両者を提供する

<sup>7</sup> [https://agri.mynavi.jp/2019\\_10\\_01\\_90851/](https://agri.mynavi.jp/2019_10_01_90851/)

サービスの主体は、作物の生育状況を解析し、判定するシステムである。そのため、システム開発には、サービスプロバイダ以外のソフトウェア開発会社が携わっているケースもある。

サービスプロバイダは、生産者からシステムの利用料金を徴収し、収益を得ている。例えばクラウドシステムを1年契約で提供し、ドローンの機体は生産者が別途用意、操縦代行サービスもオプションといったサービス形態である。

圃場センシングを活用した施肥の削減や収量増加を実現したい場合、前提として、対象となる農家、もしくは農業経営法人がGPS搭載のトラクターと可変施肥可能な機材を有する必要がある。可変施肥に対応する機材（1台数百万円）の導入費は、圃場センシングの導入にあたっての障壁となっている。

よって、ドローンを使った圃場センシングをアウトソースするサービス利用者（顧客）として可能性が高いのは、まとまった作付け面積を有し、最新機材へ投資する資本をもつ、法人格を有する経営体（組織法人経営）であると考えられる。

### 機体等に関する技術

サービスプロバイダが使用しているドローンは、小型から中型のドローンが主流であった。

本サービスでのドローンの主な役割は空撮であるため、カメラを搭載することができ、取扱いが容易な小型から中型のドローンが利用されていると考えられる。

カメラとしては、市販の光学式のカメラや、生育解析に必要な少数の波長バンドを撮影可能なマルチスペクトルカメラ、連続的なスペクトルデータが取得可能なハイパースペクトルセンサ、表面温度を取得可能なサーマルカメラが使用されている。

現状で本サービスについては、目視内飛行条件下で操縦者が直接操縦する方式、あるいは自律飛行プログラムを用いつつ、操縦者がバックアップする方式の主に2パターンによって、サービス提供が行われる。

### ドローンの導入に関する利点

作物の生育状況調査については、従来は生産者が圃場を歩き、作物を見て確認していた。そのため、広大な圃場を確認するために、長い時間と多大な労力を要していたと考えられる。一方で、ドローンを導入して上空から圃場を撮影することで、生育状況調査に必要な時間と労力は、大幅に削減することができる。

ドローンによる空撮画像を基に、作物の生育状況を解析・判定するシステムにより、作物の生育状況や雑草等の分布に応じた、肥料・農薬の適切な散布による生産量の向上も可能である。ICTの活用により作業効率が改善されることで、農業の産業化促進が可能になる。

また、生産者の安全性向上も利点の一つとしてあげられる。夏季の農作業は、圃場で熱中症や事故などの発生リスクが高くなるが、ドローンが人の作業を代替することで、生産者の安全が確保されると考えられる。

### 課題

圃場でドローンを飛行させる場合、隣接する圃場、家屋や送電設備、道路等に接触する可能性があり、それぞれの所有者・管理者が心理的抵抗を抱く可能性がある。ドローンを操縦する生産者が注意深く操縦したり、GPSと連動して所定の範囲から逸脱しない技術を実装したりすることが重要だと考えられる。

本サービスの普及のために、サービスを利用した場合の省力化や生産量・出荷額の増加などの利点について、定量的に説明される必要があるといえる。例えば、ドローンによる圃場センシングと組み合わせる使用する場合の施肥用の機材などは非常に高額であり、ドローンによる圃場センシングサービスの導入に際して、障壁の一部となっている。本利活用の普及に向けては、これらの機材を含むすべての費用と収益改善効果を長期的な視点で計算し、利用者に導入を促すことが重要だと考えられる。

また、農業従事者は高齢化が進んでおり、情報技術について不慣れな従事者も多いと考えられる。したがって、普及に向けては、サービスプロバイダが利用者となる農業従事者に対して、サ

サービス内容や費用対効果を丁寧に説明することが求められる。またドローンに関しても、今後一層の省力化と安全のために、自律飛行技術を向上させる必要がある。

#### まとめ

今後、農林水産省が取組んでいる、ロボット技術や ICT を活用した「スマート農業」が推進された場合、ドローンによる生育状況確認が定着し、利用者が増加することで、サービスプロバイダの収益性が大幅に向上することが考えられる。国土交通省が 2018 年 3 月に取りまとめた無人航空機の目視外飛行に関する要件により、第三者が存在する可能性が低い場所における目視外補助者無しの飛行は解禁されており、今後徐々に本利活用が普及することが期待される。また、自律飛行技術との組み合わせによって、より大規模な農場や広範囲でのドローン活用が可能となり、サービス提供に係る人件費の削減、および単位面積当たりのコスト低廉化も予想される。サービスコストの低下やサービス精度の向上、前述した長期的な費用対効果の検討により利用者が増加し、農業全体の生産効率に大きく寄与することが期待される。

今後も全国的に農業人口の高齢化や減少が予想されるものの、ドローンによる生育状況確認サービスにより単位面積当たりの収穫量向上、高品質な農産物の生産による収益向上が期待されることから、市場拡大が見込まれ、サービスは堅調に普及すると想定される。東京都においては、農業は都内の他産業や他道府県の農業と比較して規模が小さいが、一定の市場拡大が見込まれる。また、本利活用の導入や普及にあたっての特別な障壁もないと考えられる。

## 5. 森林調査

### 事業と取組内容

林業の工程は苗木づくり、植栽、間伐、伐採、搬出といった複数の工程からなる。現状として、伐採から搬出までの作業はすべて人力で行われている。一方で近年、林業従事者の減少及び高齢化が問題となっており、森林の経営管理におけるイノベーションが求められている。そのイノベーションの一環として、ドローンを利用した林業支援システムの実証実験が行われている。

ドローンで空撮した樹木の画像データから伐採対象を自動選出し、地上の IoT 機能付き伐採機で効率的に対象木を伐採する実証実験では、レーザーセンシングの技術、および画像解析による樹木管理システム、レーザー測量データ及び地理情報システムを活用し、高精度な伐採木の選出が可能であり、伐採照査業務や森林管理を省力化できることが確認された。

林野庁は地理空間情報や ICT 等の先端技術を駆使し、生産性や安全性の飛躍的な向上、需要に応じた高度な木材生産を可能とする「スマート林業」を推進している。

スマート林業構築普及展開事業では、森林資源量データ収集を従来の現地踏査からドローンを利用した航空レーザー計測に代替することで、採材計画の作成作業時間を 1/3 に削減できることを示した。

また、ドローンと森林情報解析を活用して、単木ごとの樹種、樹高、直径を調査した事例では、ドローンを使用することで、調査費用を削減できることを示した。

以上のことから、ドローンによるサービスが普及すれば、林業の産業化が実現し、林業全体の収益を維持、もしくは向上することが可能になると考えられる。

### ビジネスモデル

サービスプロバイダは、林業経営事業体等のユーザーからシステム利用料金を徴収し、収益を得ることになる。導入に先立ち、林業経営事業体等は、ドローンによる林業支援システムの活用により、作業の省力化や出荷額の増加などの効果が得られるか否か、また導入コストに見合う収益が得られるかといった費用対効果を考慮し、サービスを利用するか否かを決定すると考えられる。現在想定されているサービスの提供価格及び林業の経営動向から、より広大な請負面積を持ち、大きなスケールメリットおよび導入効果を楽しむことができる大規模な経営体ほどドローンを導入できる可能性があると考えられる。

今後、大規模な経営体でサービスの導入が進んだ場合、技術の浸透や価格競争によりサービス価格が低下することが予想される。サービス価格が低下すると、経営体数の多くを占める規模の小さな会社経営体や家族経営体も導入が可能になり、市場が継続的に拡大することが推測される。

### 機体等に関する技術

機体はレーザーセンシング装置を搭載する必要があるため、大型の機体が使用されると考えられる。ただし、将来的にレーザーセンシング装置が小型化されれば、中型・小型のドローンでもサービスを提供することが可能になると想定される。

また、ドローンで空撮した樹木の画像データから伐採対象を選定するため、専用の画像解析ソフトウェアや当該システムを運用するためのクラウド環境が必要である。

### ドローン導入に関する利点

従来の樹木の調査は、林業従事者が森林を歩き、広大な森林内を目視で確認していたため、多大な時間と労力を要していた。上空からドローンにより樹木を正確に調査することが可能になれば、調査にかかる時間と労力を大幅に削減することができる。また、森林資源を正確に調査、管理することにより、林業出荷額の向上や安定化も可能になると考えられる。

将来的に地上の ICT 対応作業車や自動作業車<sup>8</sup>と連携して作業することが可能になれば、機会損失が減少して出荷量および売上が増加し、同時にコスト削減にも寄与することが考えられる。また、遠隔から各地の森林の管理・運営を行うことが可能になることが予想される

ドローンの導入は、林業従事者の安全性向上にも貢献する。林業の作業は森林の斜面の移動を伴うため、従事者は転倒や滑落などの事故のリスクがある。さらに、地域によっては、作業中にクマやイノシシなどの動物に襲われる危険性もある。しかしながら、ドローンで上空から森林を調査することが可能になれば、人が森林を移動する機会が減少し、事故のリスクを大幅に低減することが可能になる。

## 課題

本サービスの実装および普及のためには、実証実験を重ねて、省力化や生産量・出荷額の増加などの利点について、定量化する必要がある。また、システム導入に必要なコストが林業経営事業体等にとって許容可能な範囲であることと、十分な費用対効果が得られることが示される必要がある。林業従事者へのサービスの紹介に際しては、サービスプロバイダが情報技術について不慣れな従事者に対しても、サービス内容を丁寧に説明することが必要である。加えて、一層の省力化と安全性確保のためには、目視外飛行環境下におけるドローンの高度な自律飛行技術や、機体の安全性の確立が不可欠である。

運用環境が山間部であることから、なんらかの事故や不具合でドローンが墜落した際、墜落した場所を容易に特定可能な方法、およびバッテリーが発火しないような対策を講じる必要がある。また、斜面の上空を樹木から一定の高さを保って飛行する技術や、樹木の接触回避技術が求められ、今後自律飛行を実装する際に課題となると考えられる。

## まとめ

東京都においては、林業は都内の他産業や他道府県の林業と比較して規模が小さいが、一定の市場拡大が見込まれる。本利活用の導入や普及にあたっての特別な障壁もないと考えられる。また、林業の規模が小さいことから、都内の林業において、ドローンや ICT 機器の導入を促進し、既存の森林資源で生産高を最大化することは、他道府県と比較して容易であると考えられる。一方で、規模が小さいため、単位面積あたりの作業効率が向上しても、スケールメリットが少ないため、新しい機器の導入に対するインセンティブが働かない可能性については、留意が必要である。

<sup>8</sup> 林野庁「林業イノベーション現場実装推進プログラム」によれば、自動伐採車や自動運搬車の開発構想がある。（[https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/ken\\_sidou/attach/pdf/191210-1.pdf](https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/ken_sidou/attach/pdf/191210-1.pdf)）

## 6. 建築施工管理

### 事業と取組内容

建設業界および事業者においては人手不足・高齢化が進み、かつ労務単価が上昇している一方で、市場全体の著しい拡大が見込めないため、工程の作業効率向上と収益性の改善が強く求められている。そこで、従来の内燃機関を搭載した無人ヘリコプターと比較して小型であり、狭所を飛行できるドローンを建設現場に適用する試みがある。事例として、ドローンに搭載したカメラにより、建設現場における管理業務の効率化を目的として、ドローンによる採掘土量や施工精度を計測するサービスが提供されている。

2018年には、東京都内の建築現場において、ドローンによる測量及び解析技術を活用した採掘土量と杭心精度管理が実施されている。ドローンと高精度カメラによる3次元計測技術により、これまで作業員が現場で行っていた確認作業をドローンによる空撮で代替することが可能になり、省力化を図ることが可能となった。

その他にも、複数の建設会社の現場で、ドローンによる土量計算が行われている。

実際の施工現場において、ICT技術を用いた工事は、国土交通省発注の工事のうち、約6割で実施されており、施工時間の短縮効果としては、平成30年度時点で、約3割の削減効果が得られていることが確認されている。

以上のことから、その解決策として、ドローンを活用した施工現場の効率的な管理や、ドローンによる測量結果を設計段階から活用することが有効であると考えられる。

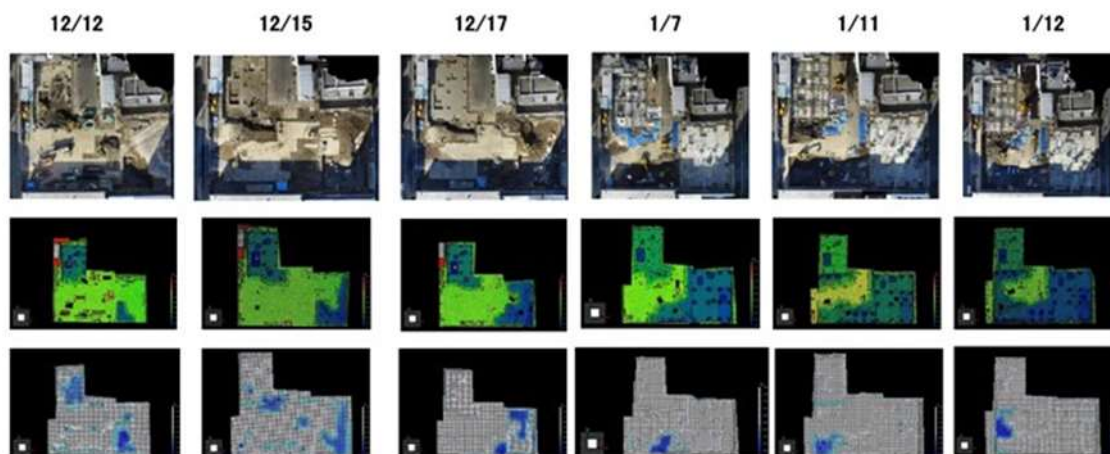


図2 ドローンによる建築現場の上空からの確認<sup>9</sup>

### ビジネスモデル

本技術を活用したビジネスモデルとしては、サービスプロバイダが対象事業者に対して、機材および計測に必要なシステムをレンタルし使用料を徴収するケース、対象事業者がシステム導入をアウトソーシングし、システムインテグレートを実施するケース、もしくは対象事業者の中でも特に大手建設会社などが、独自にシステムを開発し、他社との差別化を図る、あるいは省力化により利益を拡大するケースなど、複数のパターンが考えられる。

サービスプロバイダが建設会社に測量および解析システムによる施工管理支援サービスを提供する場合は、システム利用料金として収益を得る。現在、国土交通省が「i-Construction」を推進しており、建設現場におけるシステム化およびドローンや自動運転重機等のロボットの導入は加速するものと推測される。

<sup>9</sup> <http://aerosense.co.jp/case-0017old>

## 機体等に関する技術

本サービスにおけるドローンの役割は空撮がメインであり、ドローンに搭載した高精度カメラによって建設現場を撮影し、3次元計測に必要なデータ収集を行う。その後、データが解析され、土量算出や杭の位置確認に利用できる成果物が出力される。

建設現場全体を飛行し、1日に数回程度のフライトで対象エリア内を撮影可能な航続距離と飛行時間を有する機体としては、中型のドローンの利用が適していると考えられる。

現在は、専門の技術を有する操縦者によって手動操作されることが大半であり、一部はルート設定機能による自律飛行が行われていると想定される。今後は、指定された範囲内における必要なデータを収集するため、自動で飛行経路を作成し、ドローンが自律的に飛行するようになると考えられる。

## ドローン導入に関する利点

ドローンの導入により、現場管理を担当する作業員による計測作業や場内の移動が減少することで、当該作業に関係する時間が削減され、業務が効率化すると考えられる。同時に、作業員の肉体的負担が減少することから、結果的に必要な作業への集中力が向上し、場内の安全の確保につながると推察される。

作業効率の向上と安全性の確保、実施価格の低減が実現され、先進的な施工管理の実績が認められた場合、技術導入に積極的な企業に関して、入札時の競争力が高まる可能性もある。

## 課題

建設現場においては、複数の重機が同時に運用されており、とくに*i-Construction*を実施している施工現場においては、重機そのものが自動、もしくは半自動で操作されていることがある。これらの重機は、自律的に動作するものもある一方で、通信機能を有しており、作業状況や作業場所の指示を通信ネットワークによって授受していることもある。そのことから、他機材との通信等の電波干渉について、十分な検証が必要である。

さらに、建設現場では、磁界・電界に影響を及ぼすような資材や高電圧環境、あるいは機体に腐食等のダメージを与えることが懸念されるような化学物質を含む資材等が存在するケースがある。そのため、機体そのものや機体内部・外部のパーツが、建設現場に存在する資機材等から影響を受けないよう、検証する必要がある。

また、建設現場内はもとより、現場周辺的环境では、人や重機、車両や障害物が存在し、建設現場の作業進行に伴って環境が刻々と変化することから、自律飛行をする場合には、周辺環境を把握し、安全に飛行可能な技術を確立する必要がある。

## まとめ

建設会社は、ドローンが建設現場内を自律飛行し、ドローンにより施工管理に必要な計測を行うことで、業務の効率化を目指している。同時に、国土交通省による「*i-Construction*」、すなわち建設現場の作業と業務の効率化は今後も推進されると予想される。施工管理の項目は、工種により多岐にわたるため、ドローンを用いて施工管理が可能な工種の判別や、計測精度の検証が今後の課題であると考えられる。

土木建築工事は、地上に限らず、地下でも実施されている。東京都においては、近年、地下貯水池や都市トンネルが多く建設されている。本利活用が地上、地下を問わず適用可能になった場合、全国や東京都内での利用が一層進むことが期待される。



## 7. 太陽光パネル点検

### 事業と取組内容

太陽光パネルのメンテナンスは、発電量を維持するために必要不可欠である。そのため、2017年4月に改正された固定価格買取制度（FIT）法では、太陽光発電システムのメンテナンスが義務化されている。しかしながら、太陽光パネルは発電量を上げるために、広大な設置面積を必要とするケースが多く、また発電効率を上げるため、建物の屋根や架台など高所に設置されることから、人間が目視で点検することは容易でない。一方で、ドローンは搭載したカメラによって、上空から鳥瞰的に設備を点検することができる。そこで、太陽光発電パネルを効率的に点検するために、ドローンによる太陽光発電パネル点検サービスが提供されている。

ドローンには、光学カメラや赤外線カメラが搭載され、パネルの亀裂や経年劣化を発見する。ドローンによるパネル点検は、従来の人力作業（目視点検）と比較して、点検精度を維持しつつも作業時間を大幅に削減できる。

ドローンによる点検は従来の人力による点検と比較して、コストは1/3に削減されるとしている。一方で、全国の太陽光発電設備は増加を続けており、再生可能エネルギーへの注目から、将来的にも設備が増加することが見込まれる。

ドローンにより太陽光パネルを容易に維持管理できるようになれば、太陽光発電の導入に対する前向きな判断材料となり、太陽光発電機器メーカーや施工業者の市場も活性化される可能性がある。

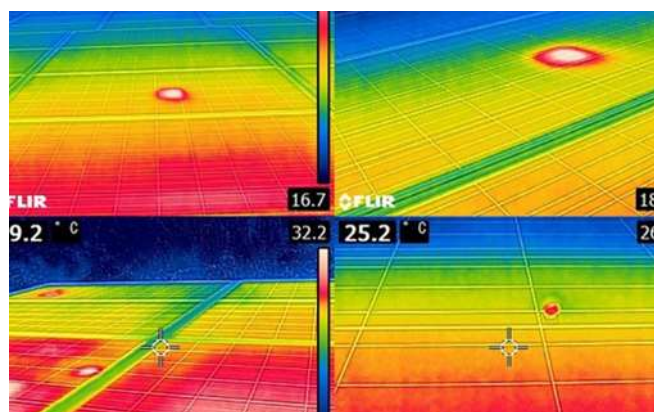


図3 ドローンの空撮に基づく太陽光パネルの健全性評価<sup>10</sup>

### ビジネスモデル

本サービスのビジネスモデルとしては、サービスプロバイダがドローンによる太陽光パネルの点検および解析システムを用意し、調査から報告書作成までのサービスを提供するものとなっている。なお、本サービスはシステム提供が主であるため、背景にソフトウェア開発会社も携わっていると考えられる。

サービス利用料金は、太陽光パネルの設置面積に応じて、単位面積あたりの年間契約額と解析・報告書作成用のシステム利用料の年間契約額の双方が設定され、定期点検頻度や臨時点検の有無などで、課金形態が異なるものと想定される。

サービスプロバイダの単位出力（単位面積）あたりの点検料金が低廉であれば、事業者が所有する大規模太陽光パネルのみならず、住宅用太陽光パネルの点検にもドローンが使用される可能性がある。以上より、本利活用については今後事業者数、市場ともに拡大を続けることが期待される。現在、東京都内にもいくつかのサービス提供事業者が存在している。

<sup>10</sup> <https://sky-estate.com/business/inspection/>

## 機体等に関する技術

本サービスにおいてドローンを飛行させる場合、サービスプロバイダから派遣される操縦者がドローンを操縦して飛行させる場合と、システムに設定した経路に合わせて、自動航行する場合がある。現時点でサービスプロバイダが使用しているドローンの機体は、大型であるケースが多い。理由として、重量の大きい赤外線カメラを搭載する必要があることが考えられる。また売電事業のために、一定面積以上の太陽光パネルを設置しているケースが多いと想定され、広大な敷地内を1~数回程度のフライトで点検する必要がある。そのため機体には、数十分程度飛行する能力が要求され、飛行時間を長くするために、大型の機材が使用されているケースが多いと考えられる。

ドローンで得られたデータを解析する際は、専用のソフトウェアが用いられ、AIによる自動解析サービスを提供している事例もある。

## ドローン導入に関する利点

ドローンによるパネル点検は、従来の人力作業による目視点検と比較して、点検時間を大幅に削減することが可能である。具体的には、2 MWの太陽光発電施設の太陽光パネルにおいて、人手では数日かかっていたが、ドローンを利用することで、点検作業時間を数十分に短縮することができる。また、専用のデータ解析ソフトウェアの開発により、損傷や劣化の検出に必要な時間も短縮することが可能となっている。点検時間が短くなることで、点検頻度を増やすことも可能である。さらに、ドローンに搭載した光学・赤外線カメラによる空撮は、人の目視点検と比較して損傷や劣化の見落としが少なく、高精度の点検が可能である。

太陽光パネルの所有者は、定期的な点検により、安定して発電できると考えられる。

## 課題

ビルの屋上や住宅の屋根におけるスペースの有効活用として、太陽光パネルが設置されるケースも増えており、都市部や住宅密集地に設置された太陽光パネルの検査を実施する際には、墜落等への不安に加えて、飛行場所と飛行ルート、及び撮影した画像への近隣住民や施設の映り込みなど、懸念要素が増えると考えられる。東京都においても、サービスプロバイダは本利活用の普及の必要条件として、この懸念に対応することが必要だと推察される。そのため、人口密集地に設置された太陽光パネルについてドローンによる点検業務を実施するためには、ドローンの安全対策の検証や、プライバシーの保護に関する十分な議論を通して、都市部でのドローン活用に理解が得られる状態になっている必要がある。

## まとめ

本サービスはドローンの特長を活かした利活用として、すでに多くの企業がサービスを提供している。今後の展望としては、一層の省力化を目指し、自律飛行による自動点検が促進されると考えられる。

市場の成長見込みとしては、太陽光発電は再生可能エネルギーの一役を担っており、将来的にも推進されると考えられる。したがって、ドローンを利用した太陽光パネルの点検市場は、今後とも拡大すると予想される。

なお、東京都内における市場の展望としては、メガソーラー業者に対するサービス提供よりも、一般住宅やビルの屋上等に設置された太陽光パネルの点検に対する需要が期待される。具体的には、レベル4の目視外飛行が実現され、人口密集地でのドローンの飛行が可能となった場合、太陽光パネルの設置・点検業者が広域の住宅やビル屋上に設置された太陽光パネルを一斉に点検し、不具合が検出された住宅やビルに対して、点検と修理サービスをピンポイントで提供することが可能になる。

また、事業者が住宅やビルにパネルを設置する際に、点検サービス契約を結ぶことで、各世帯やビル管理会社が個別に点検を行う手間を削減し、かつ安定した電力供給を確保することが可能となる。

## 8. 保険事故調査

### 事業と取組内容の概説

保険業におけるドローンの活用は、損害保険業界の保険事故損害・被害調査において、すでに実施されている。当該業務においてドローンの活用が始まったのは、2015年頃からであるが、2016年に国土交通省が、飛行禁止空域における個別の損害・被害調査ごとの飛行申請を不要とする、全国包括飛行を許可した事により、さらに活用が拡大している。現在では、空撮による被害・損害調査だけではなく、空撮した画像を人工知能により解析を行い、修理費まで算出する取組みも行われている。また、船舶や港湾施設向けの損害調査に水中ドローンを導入している例もある。

### ビジネスモデル

サービスプロバイダは空撮業務を保険会社から請け負ったり、保険金支払額の解析システムを保険会社に提供したりすることで、収益を得ると考えられる。保険会社は、損害保険の提供にあたり、付帯サービスとしてドローンによる被害状況確認を提供し、オプション費用を被保険者から徴収することで、機材導入費と維持管理費、運用コストを賄うと同時に、収益性を向上することが可能となる。

### 機体等に関する技術

現時点では、一般的な空撮に使うドローンが用いられており、自律飛行ではなく、オペレーターの操縦により、撮影を行っている。画像解析には人工知能が用いられており、より迅速な保険金算出を可能にしている。

### ドローン導入に関する利点

保険会社は、従来と比べて保険事故が発生してから保険金支払いまでの日数を短縮でき、顧客満足度の向上、及び、当該業務に係る人件費削減が可能になると考えられる。また、危険場所での確認作業の低減により、従業員の安全性を確保することが可能となる。

被保険者側の利点として、例えば保険金額の確定や支払いが迅速化されることで、被災後の生活再建のための経済的な方針決定がしやすくなることが挙げられる。

### 課題

捜索救難活動のための航空機やドローンの飛行を妨げないようにする必要がある。よって、災害現場における一元的な運航管理システムとの連携、およびどのタイミングから査定や調査のための飛行を開始してよいのか等の基本的な運用ルールについては、今後継続的に調整を行う必要があると考えられる。

運用する現場が災害現場等に限定されており、市民の立ち入りが制限されている状態で飛行するため、市民からの反発等は少ないと考えられる。

### まとめ

機体性能の向上、及び、人工知能の技術発展に伴い、一層の効率化・省力化が図られると考えられる。また、現状は災害現場における運用がメインであるが、今後、調査内容の類似性から自動車事故や火災等の現場確認にも利用される可能性があると考えられる。

## 9. 土木測量

### 事業と取組内容

土木測量におけるドローンの活用は、建設業界において既に実施されている。当該業務においてドローンの活用が始まったのは2015年頃である。2016年9月には、首相官邸で第一回未来投資会議が開催され、建設現場の生産性を2025年までに20%向上させることが目標として設定され、ICT導入による建設業界における生産性を向上させる取り組みである*i-Construction*が本格的に始動し、土木測量におけるドローンの活用がさらに広がった。

現在では、光学カメラを使った写真測量、レーザー測量器を使ったレーザー測量等により、取得したデータを画像解析ソフトにより解析し、点群データ、3Dモデル、オルソ画像、鳥瞰図等が作成可能である。

ドローンを活用しての測量は、広域を短時間で測量が可能で、取得したデータはデジタルであり、成果品作成作業が高速、かつ高度に行えるため、人手不足への対応と同時に、成果品に付加価値を付ける事ができる。2017年に日本測量協会が実施したドローンによる土木測量に関するアンケートでは、57.4%の企業が「導入済み」、「導入検討中」や「近々導入予定」を含めると92.3%と高い割合での活用結果が示された。

国土交通省 国土地理院は、2016年3月に「公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準(案)」を制定している。

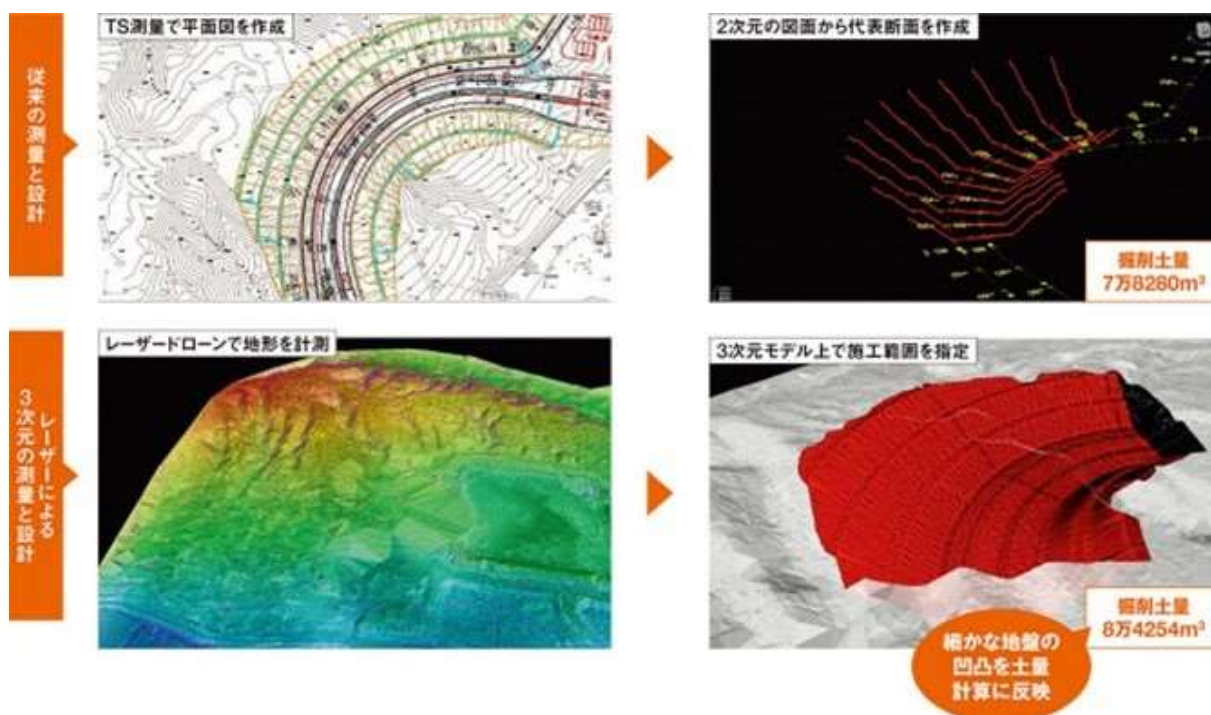


図4 TS（トータルステーション）測量とドローンによる測量の比較<sup>11</sup>

### ビジネスモデル

レーザー測量機材を搭載したドローンは価格が3~4千万円の機材もあり、建設会社などがドローンの導入を図る際には、一定規模の投資が必要だといえる。したがって、導入が可能な事業者は限定される可能性がある。

<sup>11</sup> <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO3270445006072018000000/>

建設会社等がドローン測量を専門とするサービスプロバイダに業務を発注するケースもある。その場合、サービスプロバイダは測量業務や解析業務を請け負い、成果物を納品して収益を得ている。

前述のとおり、i-Construction の取り組みや、ドローンの適用による業務効率化が認められ、将来的に既存の事業者の 9 割以上がドローンによる土木測量サービスを提供する可能性がある。以上より、今後本サービスでは、大規模な市場が形成される可能性があり、新規の事業参加者も見込まれる。

### 機体等に関する技術

光学カメラ及び、レーザー機器を搭載するため、ペイロードの大きな中型から大型の機体が使用されている。また、現場の規模にもよるが、今後、より大きな範囲で利用されるようになれば、航続距離の長い機体の使用が必要になり、長時間飛行可能な機体の使用が増える可能性がある。

### ドローン導入に関する利点

ドローンによって、測量作業に要する時間が短縮するだけでなく、測量結果の正確性が向上し、さらには 3D データとして、その後の設計作業への活用、日々の工事進捗管理にも利用することが可能であることから、土木工事の現場における全体的な生産性向上が期待される。その結果、建設業界における人手不足の解決策として有効であると期待されている。測量の種類により異なるが、おおよそ、従来の 4 分の 1 程度の期間で測量が可能で有り、人件費も大幅に削減できる。

また、危険な場所での作業をドローンで代替することにより、人手による危険な作業の実施頻度が低減され、土木建設現場での就労に対するイメージ改善にもつながることが期待される。

### 課題

課題としては以下が挙げられる。

- 飛行時間が短い（20 分程度）ことによる、測量範囲の制限
- レーザー測量機器の高価な導入コスト

また、作業現場周辺には、一般の住宅や個人の所有する土地が存在する可能性があるため、ドローンが飛行する際には、指定されたエリア内を確実に飛行し、なんらかのトラブルが発生した際には、エリア外へ飛び出さない、あるいは仮に飛び出した場合は、安全な退避行動をとれるような対策を講じる必要がある。加えて、現場内には複数の作業員がおり、複数の重機なども作動している可能性が高いため、墜落や衝突によって、作業員や重機に与える影響がないよう、十分に安全性が確保されていることが、作業現場での利用拡大のためには重要である。

### まとめ

事業・取組概要で記述した通り、多くの企業がドローンによる土木測量に関心がある一方で、現時点では上記のような課題がある。今後、課題が解決されれば、さらなる活用が予想される。

本利活用は、建設現場内の使用であれば受容が困難な利害関係者は少ないと考えられる。したがって、東京都においても他道府県と同様に利活用が進むことが見込まれる。また、ドローンがトンネル内を飛行する技術も実装されてきており、今後は地下工事の測量においてもドローンの適用が広がることが期待される。

## 10. 巡回警備・緊急対応

### 事業と取組内容

ドローンの運動性と空撮を活用し、ドローンを動く防犯カメラとして利用するサービスが提供されている。

郊外型店舗、スーパー、工場、倉庫などの契約者敷地内の警備の緊急対応として、ドローンを使用したサービスが行われている。ドローンのセンサが侵入異常を検知すると、対象の車や人に自律飛行で接近し、車や人の外観を撮影する。この画像を無線でコントロールセンターに送信し、対象の追跡と確保に役立てる。近年企業への監視カメラシステムなどの普及が進んでいるが、これまでの固定の監視カメラは防犯上有効であるものの、遠方の撮影時に不鮮明になる場合があった。ドローンによる空撮が質の高い情報の収集に貢献することが期待される。

本サービスでは、発進から飛行、帰還・充電までを完全自律で行うドローンも活用されている。ドローンは事前に設定した経路（速度、高度、向き）で敷地内を自律飛行し、監視映像が契約先警備室の監視卓に送られ、リアルタイムで安全確認ができる。

現在、防犯カメラの設置が進むなど、警備に対する需要が高まっている。近年、警備員の数は増加しており、保安分野の有効求人倍率も非常に高い水準で推移している。

サービス利用者も、固定用防犯カメラや警備員、監視性能のコストバランスを考慮し、警備用ドローンの導入を検討すると考えられる。

ドローンにより警備員を代替できた場合、警備員不足の解決策となり、かつ、人力よりも低コストで警備サービスを提供できる可能性がある。警備用ドローンの適用にあたっては、監視・通報機能や抑止力について、人力と比較して慎重に判断する必要があるが、将来的に、警備サービスへのドローンの活用が進んだ場合は、市場が拡大し、警備会社等のサービス提供事業者の収益性が増加する可能性がある。

### ビジネスモデル

本サービスのビジネスモデルは、比較的規模の大きな施設が警備会社等のサービス提供会社と契約し、警備サービスを受ける。警備会社はドローンを契約先に配備し、既存のセンサ、カメラや警備員の駆け付けなどと組み合わせてサービスを提供する。

類似の利活用として、ドローンを活用した大規模イベント時の広域監視サービスがある。

### 機体等に関する技術

本サービスには、自律飛行するドローンを活用している事例がある。敷地内の3次元地図に飛行可能エリアと障害物エリアが記憶されており、地図に基づき、ドローンは侵入者までの最短経路だけでなく、障害物を検知して回避する経路や、侵入者との距離を一定に保ちながらもその特徴を捉えられる位置に移動する経路などを計算して飛行する機能が搭載されている。また、敷地外に出ない機能、各種センサを融合した自己位置推定や飛行制御技術も搭載されている。

### ドローン導入に関する利点

ドローンの導入による利点としては次のものが考えられる。

- ドローンが不審車（者）に接近して対象を撮影することで、対象に関する確度の高い情報を収集でき、追跡と確保に貢献する。市民の安全・安心にもつながる。
- 敷地内を俯瞰して監視できる。また屋上など、人手による警備では危険性が高かった箇所も容易に監視できるため、監視の死角が減る。
- 警備員による巡回時間の短縮など、警備員の負担が軽減される。
- 自律飛行や自動充電の機能を持ち、日常的な保守が容易なドローンも開発されており、運用時の負担が少ない。

ドローンによる巡回警備の利点として、屋上等の危険な箇所の監視が容易になることや、上空からの監視により固定カメラと比較して死角が少なくなることが挙げられる。

## 課題

防犯用ドローンを安全に運用するためには次のような課題が考えられる。まず、悪天候下での飛行も想定されるため、全天候対応の機体が求められる。また、屋内で使用する場合には非 GPS 環境下での安定飛行技術が重要である。夜間に運用する場合には、夜間飛行に必要な専用のセンサやカメラを搭載する必要性も考えられる。

また、ドローンで警備に関わる情報を収集する際には、プライバシーへの配慮が必要である。近隣住民や自治体との調整が必要だと考えられる。

## まとめ

警備の規模の拡大や担い手不足などにより、企業や工場、大型商業施設、公共施設など、あらゆる施設で利活用が進む可能性がある。東京都においても、企業やイベント施設などでの利用が期待される。

本利活用は大型施設や大勢の人が集まる場所の上空を飛行することが想定されるため、普及に向けては、機体の墜落も考慮し、機体の信頼性や運用時の安全対策について継続して検討することが重要である。また、機体周辺技術の向上のための研究開発や、社会受容性醸成のための議論なども進むと考えられる。

## 11. 消防

### 事業と取組内容

ドローンの機動力を活用して、消防現場での情報収集や救助活動にドローンを使用する取組みが行われている。

総務省消防庁は、2016年にさいたま市と千葉市の消防局にドローンを配備し、その後政令指定都市の20消防本部にも貸与した。消防庁の取組みとは別に、全国116の消防本部がドローンを保有し、すでに75の消防本部で活動実績を上げているという。

ドローンを使用した水難救助および情報収集の実証実験も行われている。

河川での救助を想定して行われた水難救助の実証実験では、ドローンで上空から要救助者を捜索し、位置情報を発信する機器が取り付けられ浮輪を投下した。救助隊員は位置情報を参考に、ロープ等を使用して要救助者を引き上げた。実用化に向けて、ドローンに搭載した赤外線カメラによる体温検知も検討されている。

屋内作業場でガス漏洩により負傷者が発生したことを想定した情報収集の実証実験では、ガス測定器やデジタルカメラを搭載したドローンによる早期事態把握と、ドローンからの情報に基づく救助訓練について検証が行われた。

類似の実証実験として、地震火災を想定した実験も行われている。実験では、ドローンに搭載したカメラで全体の放水状況を空撮し、赤外線カメラを用いて残り火がないかを確認した。

他にも、ドローンに搭載した赤外線機能付きカメラでの映像撮影、および表面温度測定の実証実験も行われている。

消防庁は、2018年1月に「消防防災分野における無人航空機活用の手引き」を発表し、各消防署に対して、無人航空機の運用にあたり、手引きに基づく「飛行マニュアル」を策定することを求めている。手引きでは、マニュアル策定に必要な無人航空機の性能や適用条件、運用体制等における記載事項を示している。

### ビジネスモデル

本サービスの実施体制としては、消防が運用を含めてすべて内部で行う場合と、消防がドローンの民間サービスプロバイダと提携し、サービスプロバイダが運用を担う場合が想定される。

消防では、火災や自然災害現場で情報収集や救助活動を支援する目的でドローンが利用される。消防機関が自らドローンを運用する場合には直接的な経済効果は少ないと考えられる。一方で、消防機関がドローンの運用を民間に外部委託する場合には、経済効果が生じることが推察される。

また、消防への配備数の増加に伴い、ドローン機体製造および維持・保守の市場が拡大することが予想される。消防用ドローンの運用に必要なシステムの開発についても、消防が民間企業に外部委託し、経済効果を生む場合があると考えられる。

### 機体等に関する技術

実証実験では、大型ドローンを使用した事例が多く見受けられる。これは、光学カメラや赤外線カメラなど複数のカメラの搭載、浮輪などの救助用品の搭載等、大きな積載重量が求められるためであると考えられる。

消防用途に特化した機体の製造も行われている。金属製のボディ、専用塗装を施したプロペラ、石英素材が適用されたカメラの搭載により、機体の耐火性・耐熱性を確保している。これにより、従来は火災現場まで接近することが可能となり、詳細な映像を撮影できるようになった。その他、炎から発生する熱風に耐えうる耐風性能や大きな積載可能重量を有する機体も存在する。

### ドローン導入に関する利点

ドローンの導入により、消防活動が効率化・迅速化することが期待される。現時点では、ドローンは空撮やセンシングによる情報収集用途での利用が想定されており、まず実証実験が実施されている段階である。



ドローンは、空中を移動するため、地上や水面の状況に関わらず目的に接近することができる。したがって、消防隊員が地上を移動する場合と比較して目的地まで早く到達したり、到達が困難な場所で先行して救助活動を行ったりすることが可能になると考えられる。

また、大規模な現場では、ドローンによる鳥瞰的な状況確認も有効である。これにより、情報収集や救助などの消防活動が効率化・迅速化され、被害の拡大を防ぐことに貢献すると期待される。それに加えて、ドローンの導入により、消防隊員が危険度の高い場所に近づくことが少なくなると、消防活動の安全性も向上することが期待される。

## 課題

大きな積載可能重量を有する機体及び、災害現場の環境に耐えうる機体の開発が必要であると考えられる。

自然災害など大規模災害における救難救助活動においては、消防のみならず、警察や自衛隊と共同で活動するにあたって、協調的にドローンを活用することが想定される。警察や自衛隊でもドローンの導入が進む場合、災害救助現場において、局所的なドローンの運航管理、ならびにヘリコプターや飛行機との同時運用における安全確保について、運用ルールやシステムの整備等が必要になると想定される。

## まとめ

政府は、2019年11月に全都道府県の消防本部1箇所にもドローンを配備する方針を固め、2019年度補正予算案と20年度当初予算案に経費を計上した。先述のとおり、政令指定都市の20消防本部には、すでにドローンが無償貸与しているが、2020年度には政令指定都市のない32都県の消防本部への配備を進める。また、配備時期が早く、旧型を使用している千葉、さいたま両市のドローンも更新する。

現在、現場における、ドローンを用いた空撮やセンシングの実証実験が進んでいる。空撮やセンシングは技術的にはサービス実装が比較的容易であり、現場での運用は、社会的受容性の議論も起こりにくいと考えられるため、今後東京都を含む全国の消防にドローンの配備が進み、一つの消防局・消防署に複数のドローンが配備されるような状況が予想される。