



ドローンを活用した業務提供のご案内 Providing Drone-based Services



大石 直樹
Naoki Oishi
技術総括部



黒沢 光則
Mitsunori Kurosawa
電計事業本部
室蘭電計整備部
通信配線整備Gr.



高杉 任
Makoto Takasugi
電計事業本部
室蘭電計整備部
通信配線整備Gr.



常田 一樹
Kazuki Tsuneta
電計事業本部
室蘭電計整備部
通信配線整備Gr.



片浦 康隆
Yasutaka Kataura
機械事業本部
工事事業部
和歌山機械工事部



川野 学
Manabu Kawano
機械事業本部
呉機械センター



山口 貴志
Takashi Yamaguchi
建設事業部
工事技術部
建築技術Gr.



萩原 尚和
Naokazu Hagiwara
建設事業部
工事技術部
建築技術Gr.

以前は写真や動画の空撮映像を得ることが大きな目的であったドローンが、近年土木や建築をはじめ広範囲な分野で、それまでにはなかった多様な利用方法で運用されるようになった。

当社では数年前から全国各支店で散発的にドローンを利用するサービスを開始したが、昨今の飛行規制の強化に対応し、運用の円滑化とリスク回避のために2021年11月に全社運用ルールを制定し、活用基盤を整えた。これにより全社のどの拠点でもお客様に最適で高品質なサービスが提供できる体制が確保できた。本文後半では電計事業本部、機械事業本部のドローン事業の一部を報告する。その他、建設事業部での高所の壁面メンテナンスソリューション開発への継続的な取り組みを紹介する。

In the past, the primary purpose of drones was to obtain photographic and video aerial images, but in recent years, they have been used in a wide range of fields, including civil engineering and construction, and in a variety of ways that were not previously possible. A few years ago, we started offering drone services sporadically at our offices around the country. To cope with the recent tightening of flight regulations, we established company-wide operating rules in November 2021 to facilitate operations and avoid risks and laid the foundation for the utilization. This has ensured a system that allows us to provide optimal, high-quality services to our customers at any of our branches. In the second part of this text, we will report on some of the drone businesses of the Electric Metrology Division and the Machinery Division. In addition, we present the ongoing work in the Construction Division to develop solutions for high wall maintenance.

1. はじめに

当社では数年前から各支店にて散発的に業務におけるドローン活用を開始したが、昨今の飛行規制強化への対応や運用リスクの回避のため、2021年11月に全社運用ルールを制定しドローンの活用基盤を整えた。今後の本格的な活用推進にあたり各事業(本)部における、ドローンを活用した現在の取り組み状況と今後の当社の展望について紹介する。

2. ドローン活用のメリット

無人回転翼機に代表されるドローンを業務活用する場面としては、高所・狭所・暗所・悪環境下での点検・調査、広域での測量などが挙げられ、表1に記載したメリットが享受可能である。

表1: ドローンを業務で活用する上での代表的なメリット

項目	具体的なメリットの内容
安全確保	・ 作業リスク(高所:墜落、狭所:挟撃、暗所:転倒、悪環境:熱中症、酸欠、踏み抜き等)の回避
精度向上	・ 点検範囲・対象の拡張(スポット・抜き打ち検査の全エリア・全数検査化)による点検精度向上
効率向上	・ 広域における情報収集が少人数・短時間で可能 ・ 高所における足場仮設期間が不要となり点検工期短縮、工事費安価化

ドローン点検は「安全・高精度・短工期・低コスト」を可能にすることが知られているが、具体的な安価化メリットとして、国土交通省による橋梁点検の事例*1では、橋梁点検車による点検は約198万円、ロープアクセスによる点検は約85万円、ドローン点検は約50万円であり、ドローン点検のコスト優位性が得られている。また、煙突点検ではゴンドラ仮設を含めて通常2~3週間かかる調査工期が、ドローンによると1日で可能であり工期短縮効果は90%以上となる。

3. データ活用の可能性

ドローンで得られた大量の映像データをAI解析し、異常箇所抽出などお客様の求める情報に迅速に加工することで、人のチェック・判断作業等を支援し点検業務を大幅に効率化することが可能である。当社は、ドローン活用を単なる空撮の手段ではなく、採取データの解析・加工によってより高い付加価値を持つ成果物をお客様に提供していく方向で今後のサービス業務を設計していく。

4. 社内運用体制整備

当社ではドローン活用業務の実行にあたりお客様に安心と信頼をご提供できるよう、各種関連法令の規制に対応した機体、空域、飛行方法に関する必要な手続きと安全・環境・防災リスク低減のために必要な手順を整備した技術標準を全社ルールとして2022年11月1日に施行し運用している。

昨今の周辺領域を含むドローン関連技術や各種関連法令の変化のスピードは大変速く、ドローンを運用する上で、関連する最新情報を常にインプットし運用実態へ反映させていくことは重要である。そのため当社では技術調査を行い定期的に日本製鉄(株)殿と社内関係者へ向けてドローン最新情報のリモート配信を行っている。

5. ドローン利用の基礎技術(映像取得分野の例)

当社では、電計・機械・建設の各分野に特有なニーズに応じて、多方面に向けてドローン事業に取り組んでいる。まずこのうちドローンの共通的な用途である映像取得に必要な基礎事項と、その効果のいくつかを室蘭電計整備部の実績を踏まえ報告する。

▶5.1 RTK (Real-Time-Kinematics) について

RTKとは、GNSS (Global Navigation Satellite System:衛星測位システム) を使用した位置情報の測定方式のことであり、GPSだけではなく複数の衛星を利用することで正確な位置の測定が可能となる。

RTK測量では基準局(基準点)と観測点(ドローン)で同時に観測を行い、ドローン本体のGPSデータを基準点による補正データで補正し、センチメートル単位の高精度な位置情報を取得することができる。

ドローンで写真測量を行う際にRTK機能を使用するメリットは、より高精度な位置情報を持った写真を撮影し、画像処理時の誤差を少なくできることである。

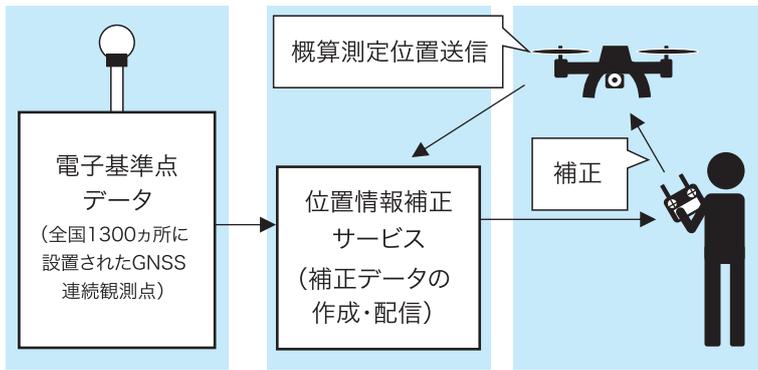


図1：RTK測位のしくみ

また、ドローンでは位置情報や方向の取得にGPSと電子コンパスを使用するため、周囲の構造物からの磁気干渉の影響で機体のコントロールができなくなることもある。それを防ぐためにもRTK機能を使用してのドローン運用は安全において有効であるといえる。

RTK機能を使用するためには、ドローン本体のほかに仮想基準点を設置する必要があるため、基準点としての役割が可能なD-RTK2 (DJI社製) を使用するか、ネットワークRTKデータサービスの契約が必要となる。

当部ではネットワークRTKデータサービスを契約し、導入を行った。

ネットワークRTKデータサービスとは、インターネット回線を通じてVRS (Virtual Reference Station: 仮想基準点) 方式による補正データを配信するサービスであり、そのサービスを利用することでドローンのプロポ (送信機) を仮想基準点とすることができる。

▶5.2 オルソ画像について

オルソ画像とは、オルソ補正 (正射変換) が行われた画像のことである。

ドローンのカメラで撮影された写真は、レンズの中心に光束が集まる中心投影であるため、レンズの中心から対象物までの距離の違いにより、写真上の像にズレが生じる。(図2参照)

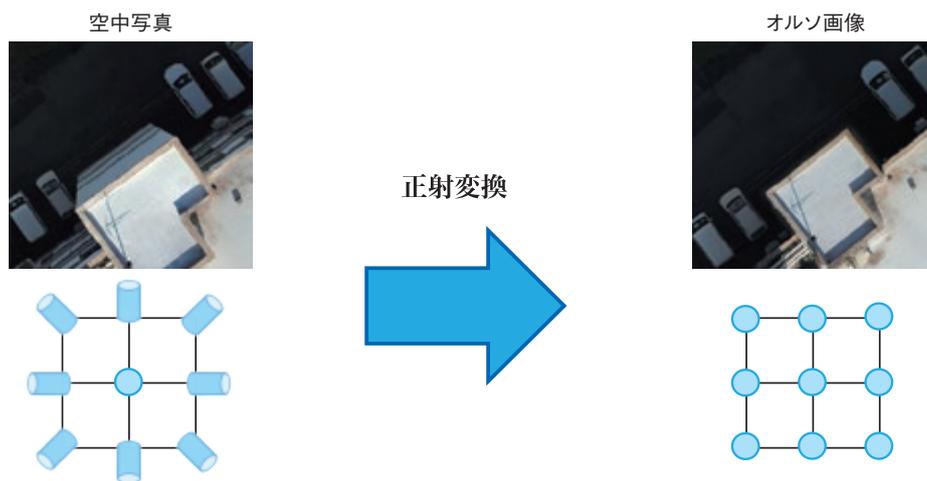


図2：写真のオルソ画像化

前後左右ラップした連続写真をオルソ補正 (正射変換) することによりそのズレをなくし、画像の隅々まで真上から見た景色となる。当部ではDJI社製のドローンMatrice300RTKを使用しているため、専用ソフトウェアであるDJI Terra (マッピングソフト) を用いてオルソ画像・3Dモデルの作成を行っている。

▶5.3 3Dモデル

建造物の詳細な3Dモデルを作成するためには真上からの前後左右ラップした写真 (図4参照) に加え、横からの写真も必要となる。

そのことから精緻な3Dモデルの作成にはかなり多数の写真を用意する必要があり、作成したモデルの容量も莫大になるため、成果物についてどのような仕上がりを狙うか飛行前に客先との入念な打ち合わせが必要である。

撮影した連続写真はオルソ画像作成時と同様にDJI Terra上で解析し、3Dモデルを生成する。(図3参照)

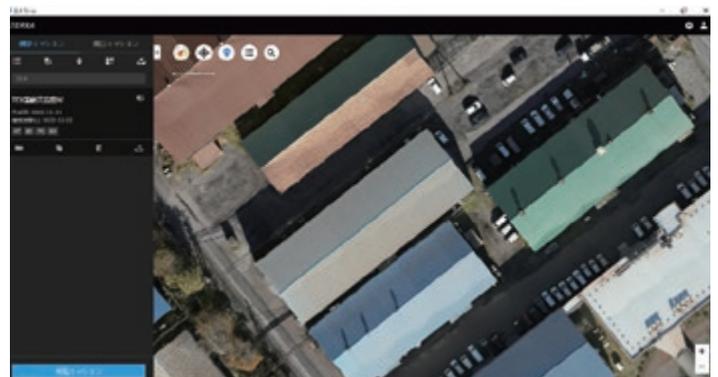


図3：3Dモデル作成イメージ図

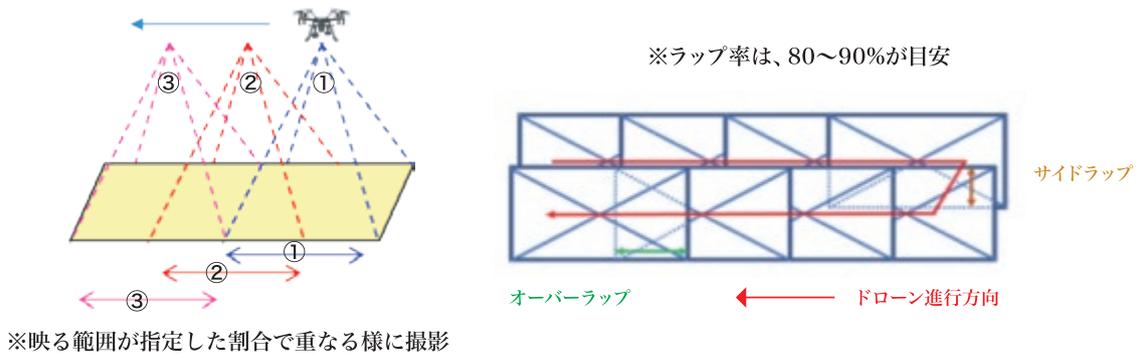


図4：オルソ画像・3Dモデル作成時の撮影方法

これらの処理で得られるオルソ画像・3Dモデル等の成果物を下地にして、さらにデータの加工や既利用の機能の組み合わせ、新機軸の技術を採用したりすることで、新しいニーズに適応するツールが開発され進化していく。

▶5.4 当社業務へのドローン効果

当社の業務においては、工事計画前の現場データ収集、設備の点検整備のための情報収集監視、各種状況の測定解析、工事施工やその補助、軽量物の現場輸送などに利用することが考えられる。このようなドローン活用のメリットとして、人ではなく機械（ドローン）が作業をすることによる災害リスクの回避を始め、人力では困難な点検の頻度、精度向上などの効果が見込まれることや、更には工事・検査の準備、施工等の仮設工事などを省略・簡易化することにより工期短縮・コスト安価化できることが期待できる。

6. 今後の展望

お客様にタイムリーに迅速かつ適切なサービスを提供するには、撮影ニーズに合わせた最適な機材とスキルを持った飛行クルーの調達が大切である。そのためのパイロット育成ならびに機材の管理・整備を行うドローン活用拠点の設置を検討している。現在、全国を4エリアに分けた展開（図5）により日本全国をカバーするとともに各拠点間で機材やパイロットを融通することにより、機材・要員の稼働率を高めリーズナブルな価格で高品質なサービスの提供を目指している。次章より、電計、機械、建設の各事業（本）部におけるこれまでの活用実績について具体的な事例を元に紹介する。

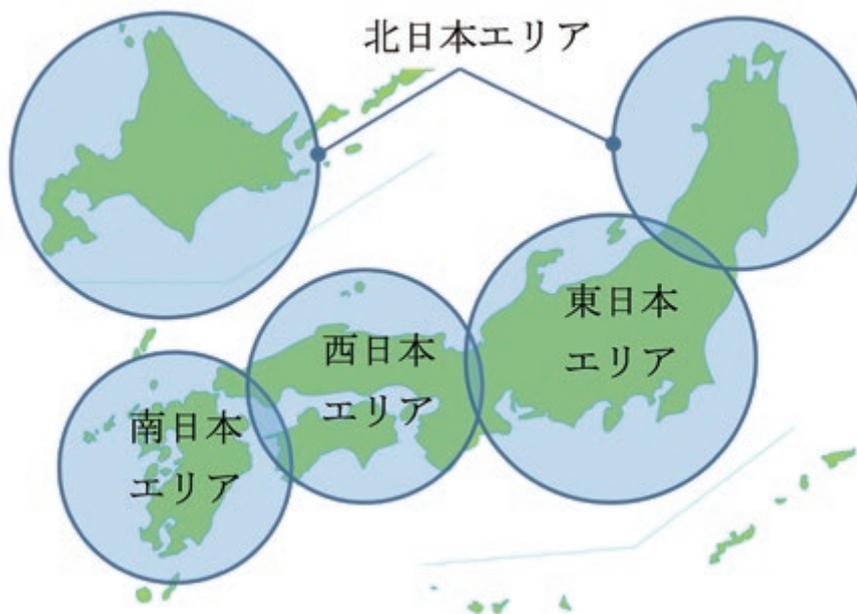


図5：ドローン活用拠点の整備構想

*1) 出展：工法による橋梁点検費用比較（国土交通省 北海道開発局の事例）

お問い合わせ先

技術総括部

TEL 03-6860-6621

7. 電計事業本部（室蘭電計整備部）のドローンサービス

次に、室蘭電計整備部におけるドローンを活用した業務の推移と飛行実績について報告する。

室蘭電計整備部では2018年にドローンを導入し、設備点検作業の安全リスク回避を狙った整備を開始していたが、現在では主に建造物を対象とした劣化調査を実施し、足場を掛けるための調査コストの削減や安全リスクの回避に寄与している。

それに加え、ドローンやカメラの性能向上によって可能となった撮影写真の3Dモデル化による3D体積測量や、RTK (Real-Time-Kinematics) による高精度位置情報取得機能のニーズに着目し、建屋の3Dモデル化・2Dオルソ化や原料山などの体積測量の実施など、多くの実績を得ることが出来た。

これらの実績から得られた成果内容、および業務モデルを紹介する。

▶7.1 産業用ドローン

Matrice300RTKについて

現在、主として産業用ドローンMatrice300RTKを使用し、空撮を実施している。

RTK機能、専用ソフトDJI Terraによる3Dモデル・オルソ画像の生成、体積測量に加え、ビジョンセンサー・CSMLレーダーによる障害物自動回避機能や高精度なホバリング性能を持ち、Matrice300RTK専用測量用カメラZenmuseP1 (4500万画素) を搭載、光学23倍・デジタル200倍までズーム可能なZenmuseH20も搭載し、2オペレーターによる空中での操縦権の受け渡しも可能である。



図1：室蘭電計整備部所有のドローン 左・Matrice300RTK 右・INSPIRE1

▶7.2 3Dモデルによる成果内容

●7.2.1 3Dモデルの解析による体積測量

DJI Terraでは3Dモデル上の距離や面積、体積を求めることが可能である。

原料山の体積を測量し、原料の種類ごとに決められた係数を掛けることで、原料山の量を求めることが出来る。

実際に当部では石炭山や石灰山、スラグ山、チップ山などの測量を実施している。(図2参照)

しかし、ドローンを用いた体積測量は簡易的なものであり、リアルタイムな原料山の量を測る事は出来ない。

その為、原料使用の増減管理などをリアルタイムに把握するのではなく、主に棚卸の為に体積測量を行っている。



図2：原料山の体積測量（日本製鉄株式会社 室蘭地区）

●7.2.2 建造物の3Dモデル化

建造物の3Dモデルにおいては台風や大雨などで破損した建屋の状況確認などの突発的な需要として、ドローンで撮影できないかと客先からご相談いただくこともしばしばある。また工場建屋や煙突などの3Dモデル化ニーズがあり、主に建屋屋根や煙突の劣化状況を把握することに役立っている。

人が立ち入ることが出来ない場所における劣化修理の施工方法の検討は図面上でしか出来ない場合が多い。しかし、建造物を3Dモデル化することで、モデルを360°自由な方向から見ることができ、建設関係における施工内容検討の簡略化にも寄与している。



拡大



図3：TEX室蘭支店社屋3Dモデル

●7.2.3 建造物のオルソ画像

日本製鉄北日本製鉄所室蘭地区様からのご依頼で主要工場のオルソ画像化を実施した。(図4参照)

屋根の劣化診断を色で判断し修繕を実施しているが、色だけで判断できない穴あきも見ていきたいとご希望を容れた空撮を実施し、主要工場のオルソ画像化を完了した。

人の目で直接確認することが困難な場所なので、ドローンでの点検は非常に有効であり、従来の航空写真よりも鮮明に映し出されていることで、屋根の穴あきまで確認する事が出来た。



図4：日本製鉄株式会社 室蘭地区 オルソ画像

▶7.3 その他の飛行実績

- ・日本製鉄北日本製鉄所室蘭地区殿
高炉、コークス、エネルギー、製鋼、物流、加工、線材、棒鋼、各工場のオルソ画像化、簡易3Dモデル化を実施。
消化塔のコンクリート劣化調査を実施。
煙突の3Dモデル化を実施。
各スラグ山の体積測量を実施。
- ・道内バイオマス発電所 チップ山の体積測量を実施。
- ・その他北海道内各工場関係 石灰山、石炭山、ピート山等の体積測量デモ飛行を実施。

▶7.4 まとめ

特定の測定専用のプロペラガードの作成、操縦技術向上、試験環境の整備構築等入念な準備・安全対策が必要である。技術を積み上げ、更なるお客様のニーズに応えるために努力を続ける所存である。

お問い合わせ先

電計事業本部 整備事業部 室蘭電計整備部 通信配線整備Gr.

TEL 0143-47-2574

8. 機械事業本部のドローンサービス

▶8.1 活用事例1 煙突外側の調査ケース

●8.1.1 案件名：鋼製煙突老朽調査（製鋼）

●8.1.2 案件概要

これまで、鋼製煙突の塔身肉厚を計測するにはゴンドラ設備を仮設し、操業の休止している定休日のみ作業に当たっていた。

月1回の定休日では、他の工事との調整や当日の天候不良等により、計画的な調査が実施できなかった。

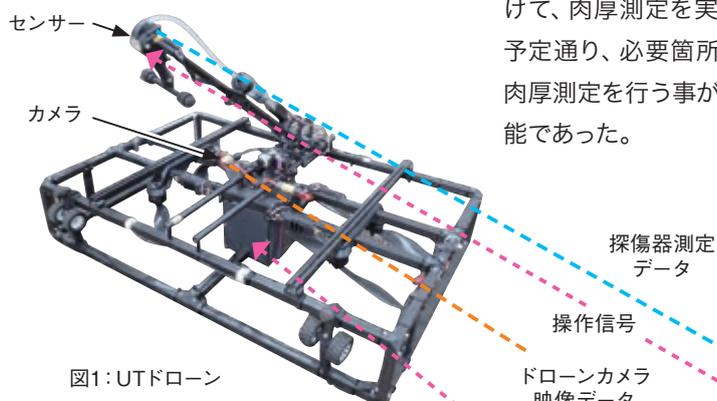
今回、UT（超音波による計測）ドローンを活用することにより操業・非操業の別が条件設定より外れ、かつ、高所危険エリアでのゴンドラ設備を設置・使用するリスク回避、コストミニマム化が可能となった。

●8.1.3 使用ドローン

- ・メーカー名：Terra Drone 株式会社
- ・機種：UTドローン
- ・特徴：超音波探傷器を備え、オプションとして測定箇所をサンドペーパーにて遠隔操作で研磨する機能有り

●8.1.4 測定結果

本体操縦1名、探傷器操作1名のミニマム2名体制で操作を行い、ドローンからの映像を共有しながら、突起物、溶接部及び当て板部を避けて、肉厚測定を実施。予定通り、必要箇所の肉厚測定を行う事が可能であった。



お問い合わせ先

機械事業本部 工事業部 和歌山機械工事業部

TEL 073-451-4569

▶8.2 活用事例2 煙突内側の調査ケース

●8.2.1 案件名：呉焼結煙突内部の調査

●8.2.2 案件概要

2021年9月末の瀬戸内製鉄所呉地区鉄源工程休止に伴い、焼結工場に設置されている煙突を解体撤去する計画がある。本設備は、筒身を当て板補修・補強改造を繰り返しながら維持してきた経緯があるが、内部構造物の健全性およびライニング材の状況については未確認であった。安全、且つ短期間で内部点検を実施するためにドローンを活用して調査を実施した。

●8.2.3 使用ドローン

- ・メーカー名：ブルーイノベーション株式会社
- ・機種：ELIOS 3 縦：約38cm、横：約48cm

LiDAR (3Dスキャナー)

障害物回避

安定且つ高精度な

飛行ができる

可視カメラ (4K)、赤外線カメラ

LED照明：16000ルーメン

飛行時間：9.1分

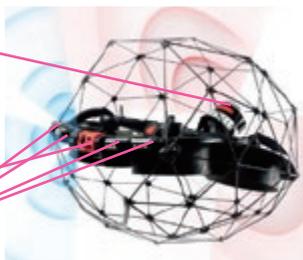


図1：ドローン ELIOS 3

●8.2.4 対象設備仕様



図2：点検対象設備

- ・構造：
鋼製筒身煙突
内部ライニング材

- ・筒身高さ：
GL+160M
- ・檜 高さ：
GL+135M

●8.2.5 測定結果

煙突下から頂部迄の測定状況を図3～図6に示す。

煙突内面ライニング材の境界をGL+112M付近で確認でき、それ以下はライニング材がほぼ無くなっていると判断することができる。(図5)

●8.2.6 今後の課題

今後は、高所および内部調査や点検等が必要な箇所については、短期間でかつ安全に調査することが可能なドローンを活用した調査が有効であると考え。実施計画は、ドローンメーカーと事前協議を密に行うことにより、詳細仕様内容を明確にして推進することができ、成果物の精度を更に向上させることができると考える。



図3：測定開始地点(煙突下)状況



図4：煙突 GL+112M付近 内側画像



図5：点検写真 (GL+112M付近)



図6：煙突頂部付近 内側画像

お問い合わせ先

機械事業本部 呉機械センター

TEL 080-3311-6792

9. 建設事業部のドローンサービス

《ドローンを使った工場建屋壁の無足場塗装の取組み》

従来の外壁メンテナンスは一般的には足場を仮設して作業を行う。しかし、高所作業による墜落災害リスクや足場仮設が必要なため工期が長くなること、更に労働人口の減少による熟練技術者不足が課題となっている。それらの課題解決に向け、建設事業部では日本製鉄(株)、(株)アイ・ロボティクスとの三社共同で、ドローンを活用した壁面メンテナンスソリューションの開発に取り組んだ。今回開発した足場レス塗装機を用いた外壁メンテナンスでは足場設置が不要になり、高所作業による墜落災害リスク削減や工期短縮が可能となる。(図1,2)



図1: 壁面塗装イメージ



図2: 実証実験の様子

足場レス塗装機の全体構成は、吹付ガンを備えた壁面吸着ユニットをドローンに吊下げ、材料(塗料・水)は地上からホースを用いて吹付ガンまで供給する。(図3)

吹付作業の一連の動きとしては、①ドローンを吹付位置の上空でホバリングさせる ②ウインチで吊りワイヤーの巻上・巻下操作を行い壁面吸着ユニットを上下移動させながら吹付を行う ③上下移動による吹付完了後はドローンを次のスパン位置に移動させ、順次①～③を繰り返す。

足場レス塗装機の施工条件は、壁面近傍に支障物が無いこと、軒先歩廊が無いこと、周辺への塗料の飛散リスクをある程度許容出来ること等があり、それら条件をクリアした外壁のみ施工が可能である。

現状として適用範囲が限定的であるため、今後は適用範囲拡大に向けての更なる開発と同時に、本開発の成果を外壁面以外のメンテナンス(煙突・屋根等)にも適用させるべく共研三社で取組を継続する予定。

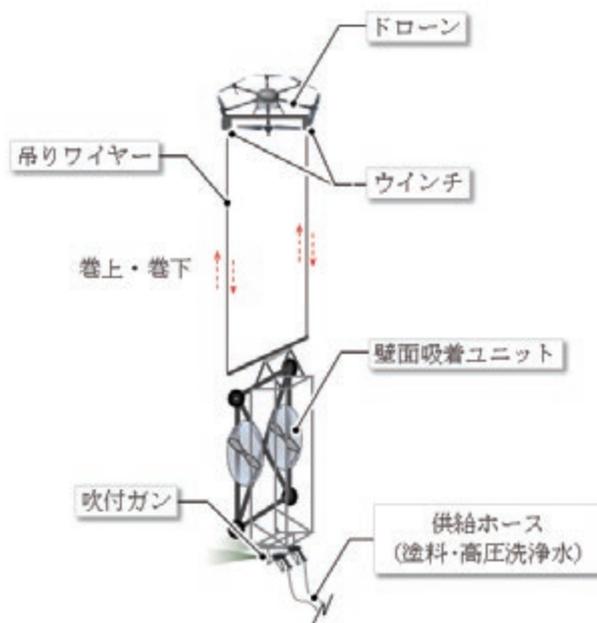


図3: 全体構成

※本開発の成果については、2021年8月に特許出願、同11月にプレス発表済み。

お問い合わせ先

建設事業部 工事技術部

TEL 03-6860-6615