

ドローンを活用した工場内巡視点検業務の省力化に関する研究

町田晃平・三ツ木寛尚・小和瀬登
小林興尚*・荻野直彦*・石黒聡*

Research on labor saving for factory patrol inspection work using drone
MACHIDA Kohei, MITSUGI Hironao, KOWASE Noboru,
KOBAYASHI Okihisa, OGINO Naohiko, ISHIGURO Satoshi

工場での巡視点検業務の省力化を目的として、ドローンを活用した巡視点検を提案する。本研究では、ドローンを活用した巡視点検デモの構築と現場での実証実験を行った。巡視点検デモでは、キーフレーム機能を用いた自動巡回のデモを構築するとともに、付加価値として、事前学習不要の AI 画像解析と点検結果確認 Web アプリを構築した。実証実験では、3 か所のフィールドにて実験を行い、非 GPS 環境でも安定飛行が可能なことや、ドローンで撮像したデータから点検を代替できる可能性があることを確認した。

キーワード：ドローン、画像解析、クラウド

We propose patrol inspection using drone to save labor for factory patrol inspection work. In this study, we constructed the patrol inspection demo using drone and conducted on-site demonstration tests. In the patrol inspection demonstration, we built a demonstration of automatic patrols using a keyframe function and, as an added value, an AI image analysis that requires no prior learning and web application for checking inspection result. The demonstration tests were conducted at three field sites, and confirmed that stable flight is possible even in non-GPS environments, and that there is potential to replace inspections based on data captured by the drone.

Keywords : drone, image analysis, cloud

1 まえがき

工場やプラントにおいて、巡視点検業務は施設を安全に稼働させるための重要な保全業務の一つである。しかし、現状では巡視点検のほとんどは人手により行われており、省力化が求められている。

点検の省力化として、ネットワークカメラや IoT センサを用いた遠隔監視が普及しつつあるが、設置箇所に応じてコストが増大するため、主要設備以外には不向きである。

一方、ドローンを活用することで、高所や危険な場所への人の立ち入りを減らし、安全かつ効率的に点検を行うことが可能になる。ドローンはカメラやセンサを搭載し、飛行中に施設の

状態を撮影・測定することができる。これにより、従来の遠隔監視手法では困難だった様々な点検を行うことも可能となる。

そこで、本研究では、ドローンを活用した巡視点検技術を確立し、工場での巡視点検業務を省力化することを目的として研究を行った。

2 方法

本研究では、ドローンとして群馬産業技術センターデジタルソリューションラボ（以下、DSL）に導入した屋内対応自動監視ドローンシステム (Skydio 社製 Skydio 2+) を使用し、巡視点検デモの構築と現場での実証実験を行った。

2.1 屋内対応自動監視ドローンシステム

本研究で使用したドローンシステムの外観を図1に示す。本ドローンは機体上下に搭載された計6個のナビゲーションカメラとAIを用いた映像解析機能により、機体周囲360°の障害物検知・回避が可能である。障害物検知範囲は4段階で任意に設定でき、ドローンを飛行させるエリア状況に合わせて検知範囲を設定することができる。

また本ドローンは、機体のホバリング位置をマーキングするキーフレーム機能を持つ。キーフレーム設定後は、それらの位置を順次辿る飛行パスを設定・記録することが可能なため、例えば屋内の巡視点検ルートを模擬した自律飛行を行うことも可能である。



図1 屋内対応自動監視ドローンシステム

2.2 ドローンを活用した巡視点検デモの構築

DSLにてドローンを活用した巡視点検のデモを構築した。デモは、キーフレーム機能によるドローン自動巡回を中心に構築した(図2)。



図2 キーフレーム機能による自動巡回

付加価値として、事前学習不要のAI画像解

析と点検結果確認 Web アプリを構築した。ドローンで撮像した画像や動画を解析する場合、従来の手法では、画像処理のパラメータ設定やAIの学習が必要となり、点検内容に応じて事前の準備に大きなコストがかかっていた。そこで、本研究では、事前学習を行うことなく解析が可能なAI画像解析技術を構築した。さらに、点検結果のデータをクラウドにアップロードすることで、インターネットから結果を閲覧できる点検結果確認 Web アプリを構築した。

2.3 現場での実証実験

企業等の協力のもと、実際の企業等の現場にて、ドローンを活用した点検の実証実験を行った。本実証実験の目的を以下に示す。

(1) 技術的検証

- ・ 安定飛行の可能性
- ・ 撮像データを用いた点検の実現可能性

(2) 導入時の課題の特定

今回、以下の3か所のフィールドにて実証実験を行った。

- (1) 発電所の点検 (群馬県企業局鬼石発電所)
- (2) タンク内の点検 (正田醤油株式会社)
- (3) 飲料製造ラインの点検 (ハルナプロデュース株式会社)

3 結果

3.1 ドローンを活用した巡視点検デモの構築

3.1.1 事前学習不要のAI画像解析

本研究では、Grounded-Segment-Anything (Grounded-SAM)¹⁾を用いて、事前学習不要のAI画像解析を構築した。Grounded-SAMは、任意のテキスト入力に基づいて、物体検出やセグメンテーションを可能にする技術である。画像とテキストの関係を認識するモデルであるGrounding DINO²⁾と、画像内の物体の領域を分割するSegment Anything³⁾を組み合わせることで実現されている。Grounded-SAMのソースコードは、Apache-2.0ライセンスの下、オープンソースにて公開されている⁴⁾。

Grounded-SAM を用いて、ドローンで撮像した画像からクラックや工具を検出した様子を図3、4に示す。テキストプロンプトとして、クラックには「crack」、工具には「tool」を入力した。図のように、任意のテキスト入力により物体を検出できている様子が分かる。

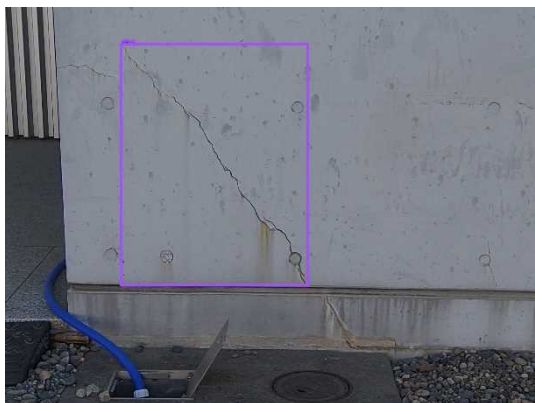


図3 クラックの検出



図4 工具の検出

Grounded-SAM と画像処理を組み合わせることで、アナログメータの読み取りも可能である(図5)。アナログメータの読み取りでは、まず、Grounded-SAM を用いてメータの針を検出する。図5のメータでは、「red needle of gauge」とテキストプロンプトを指定することで、針の検出が可能である。検出した針の領域は、マスク画像として出力ができる。このマスク画像を画像処理により直線近似することで、針の角度を算出する。そして、針の角度をメータの値に換算することで、アナログメータの読み取りが可能となる。

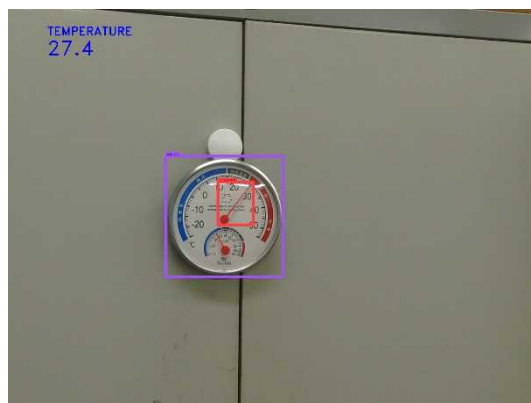


図5 アナログメータの読み取り

3. 1. 2 点検結果確認 Web アプリ

本研究で構築した当アプリのシステム構成図を図6に、使用したサービス(サーバ、ツール等)の開発環境を表1に示す。当システムはクラウドサービス(Google Cloud Platform)を使用し、インターネットからドローン撮影画像をブラウザで閲覧できるアプリとした。

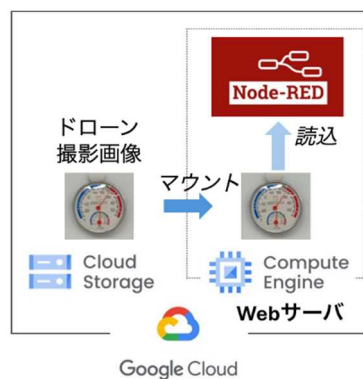


図6 結果確認 Web アプリシステム構成図

表1 開発環境仕様

クラウドサービス	Google Cloud Platform	
使用プロダクト	Cloud Storage	Compute Engine (Linux マシン)
構成内容	クラス: Standard	タイプ: e2-medium Ubuntu 20.04.6 LTS Node.js v16.20.2 Node-Red v3.1.5

当システムフローとしては、ドローン撮影画像をSDカードからPC端末経由でCloud Storageの所定バケットにアップロードするとCompute Engineに構築したWebサーバ

がマウント（自動認識）し、ノーコードの Web 開発ツールである Node-RED⁵⁾ から読込むことで、本ツールで開発した Web サイトにアクセスすると、図 7 で示すように当画像が表示という流れとなる。アプリ操作は、各巡視場所の選択やコメント等の書込みを可能とした。

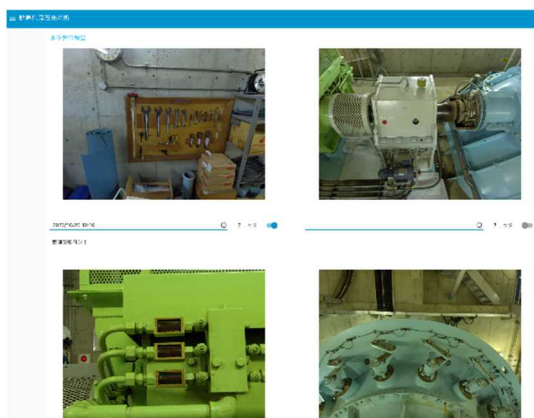


図 7 結果確認 Web アプリ画面例

3. 2 現場での実証実験

3. 2. 1 発電所の点検（群馬県企業局鬼石発電所）

群馬県企業局鬼石発電所では、水車発電機室の目視点検の代替可能性を検証した。鬼石発電所は、藤岡市にある水力発電所である（図 8）。同発電所では、職員が巡視点検表に則った点検を毎月実施している。巡視点検では、主に、温度や圧力、油量などの発電機の動作状態や、室内の漏水などの異常を点検している。点検は職員 2 人 1 組で実施し、1 回あたりおよそ 90 分の点検時間を要している。



図 8 群馬県企業局鬼石発電所

せた様子を図 9 に示す。発電機室は地下にあるため、非 GPS 環境であるが、安定して飛行可能なことが確認された。



図 9 鬼石発電所でのドローン飛行

鬼石発電所の巡視点検表には 44 項目あり、そのうち 34 項目が目視に関する内容である。そこで、この 34 項目について、ドローンで撮影した画像や動画で点検が可能か、鬼石発電所の職員にアンケート調査を行なった。その結果を表 2 に示す。34 項目のうち 16 項目（47%）が、ドローンで撮影した画像や動画により巡視点検が代替可能であった。14 項目（41%）は、画像や動画の品質が改善すれば代替可能となった。これは、発電機室が少し暗い環境であったため、撮像データにノイズやブレが生じてしまったためである（図 10）。4 項目（12%）は、代替不可能であった。これは排水ピットの点検などで、ドローンで進入することが難しかったためである。

表 2 鬼石発電所でのドローン飛行

回答内容	項目数
代替可能	16
品質が改善すれば代替可能	14
代替できない	4

鬼石発電所の発電機室でドローンを飛行さ

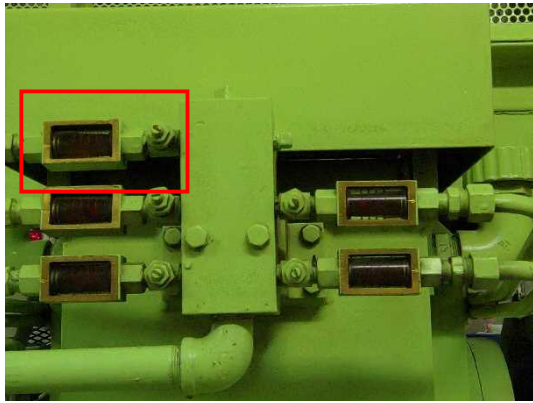


図 10 ノイズにより指示値が不鮮明な画像

実証実験により明らかとなった課題としては、まず、前述のように薄暗い環境では撮像データにノイズやブレが生じてしまうことが挙げられる。この点については、後処理による画像の鮮明化や、投光器の設置により環境を明るくすることなどが対策として考えられる。他の課題として、狭所部進入時のデッドロックが発見された。現場は狭い空間が随所であり、マニュアル運転により入ることができたものの、入った先で障害物検知機能が働いてしまい、身動きが取れなくなる状況が発生した。これについては、現場の状況に応じて障害物検知範囲を切り替えたり、進入するかどうかの判断を行ったりすることが大切である。

実証実験により気づいた点としては、まず、場所によっては動画の方が点検しやすいことが挙げられる。今回の場合、軸の回転の様子や軸受の流水の様子などについては、動画の方が適している。その他に、ドローンを活用することで、現場でかがんだり登ったりする行為が減り、体への負担が少なくなる可能性も示唆された。

3. 2. 2 タンク内の点検（正田醤油株式会社）

正田醤油株式会社の実証実験では、醤油タンク内の目視点検の代替可能性を検証した。正田醤油株式会社は、320kLのタンクを50基保有

し、毎年12基を点検している（図11）。点検では、タンク内部壁面の損傷や汚れの有無などを確認している。現状の点検方法は、タンク上部から人がロープで吊り下がって確認し、損傷や汚れが疑われる場所については、足場を組んで詳細に確認している。そのため、点検に多くのコストがかかることや、作業の危険性も高いことから、別の点検方法を模索していた。



図 11 正田醤油株式会社のタンク

正田醤油株式会社のタンク内でドローンを飛行させた様子を図12に示す。タンクは鉄製のため、その内部は非GPS環境となる。以前に民生用ドローンで試験した際には、非GPS環境のため、飛行ができなかったとのことであったが、実験に使用したドローンシステムでは、問題なく飛行することができた。また、ドローンで撮像したデータは、点検のための品質として問題がないことを確認した。



図 12 醤油タンク内でのドローン飛行

課題として、今回のタンクは内壁が一様なため、撮像データを使用して後から損傷や汚れを見つけても、それらが実際のタンクのど

こにあるのかが分かりづらいことが挙げられる。対策としては、ドローンの飛行ログなどにより撮像データと実際の場所を紐付ける方法などが考えられる。

3. 2. 3 飲料製造ラインの点検（ハルナプロデュース株式会社）

ハルナプロデュース株式会社の実証実験では、飲料製造ラインの目視点検の代替可能性を検証した。ハルナプロデュース株式会社では、ペットボトル飲料を中心とした飲料の製造を行っている。工場では、点検員による製造ラインの巡視点検を定期的に行っている。点検では、主に設備の動作や制御盤の表示、配管からの漏れがないかといった点を確認している。

ハルナプロデュース株式会社の製造ラインでドローンを飛行させた様子を図13に示す。製造ラインにおいても安定して飛行することができた。特に、配管の入り組んだ部分については、以前に民生用ドローンで試験した際には飛行が難しかったとのことであったが、実験に使用したドローンシステムでは、障害物検知範囲を1段階下げることによって、安定的に飛行ができることを確認した。



図13 飲料製造ラインでのドローン飛行

実証実験により、目視では難しい上部の配管などの点検に特に有効なことが確認された。また、ドローンによる点検は車椅子に乗った方など、障がいのある人の雇用にも有用であることが示唆された。

4 まとめ

本研究では、ドローンを活用した巡視点検技術を確立し、工場での巡視点検業務を省力化することを目指して、デモ構築と実証実験を行っ

た。実証実験では、企業等の協力のもと、3か所の現場にて飛行の検証を行った。実験の結果、従来のドローンでは飛行が難しかった非GPS環境においても、飛行可能なことが確認された。また、基本的にはドローンで撮像したデータにより点検の代替が可能であるが、現場が薄暗い環境の場合には、ノイズやブレの影響により画像や動画の品質が下がり、改善が必要となることも確認された。本研究での成果を踏まえ、今後は、従来の点検方法との比較による効果検証や、導入・運用面での支援を行っていきたい。

参考文献

- 1) Tianhe Ren ほか : Grounded SAM: Assembling Open-World Models for Diverse Visual Tasks, arXiv preprint arXiv:2401.14159, (2024)
- 2) Shilong Liu ほか : Grounding DINO: Marrying DINO with Grounded Pre-Training for Open-Set Object Detection, arXiv preprint arXiv:2303.05499, (2023)
- 3) Alexander Kirillov ほか : Segment Anything, arXiv preprint arXiv:2304.02643, (2023)
- 4) Grounded-Segment-Anything, <https://github.com/IDEA-Research/Grounded-Segment-Anything>
- 5) 石黒聡ほか : ローコード開発による簡易遠隔監視装置の構築、群馬県立産業技術センター研究報告、(2022)