

通信鉄塔点検におけるUAVの活用について

吉田 智¹

¹企画部 情報通信技術課 (〒950-8801 住所 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

国土交通省の基幹通信回線である多重無線設備について、その通信鉄塔は事務所・出張所のみならず、山上の中継所にも設置されており、鉄塔自体の点検維持管理が課題となっている。国土交通省では、インフラ分野のDXを推進しており、今回、通信鉄塔に係る新たな点検基準が定められたことをうけて、点検項目の一部にUAVを活用し、点検の効率化・省力化について検証したので報告する。

通信鉄塔，保守点検，維持管理，点検基準，UAV，効率化，省力化，インフラDX

1. 背景

国土交通省の基幹通信回線である多重無線設備は、災害に対し、高い信頼性を確保するため、平地の事務所、出張所のみならず、山上の中継所にも設置されている。多重無線設備を構成する空中線を支持するための通信鉄塔は電気通信施設点検基準(案)¹⁾に基づき、その機能を正常に発揮できるよう、その外観(本体構造、ボルト類)、付帯設備(避雷設備、架台等)について周期に応じた点検を実施している。また、点検により劣化状況、異常等を把握し、必要な場合は補修を行うことで機能を維持している。この中でも通信鉄塔の部材・ボルト類の確認においては、高所での近接目視確認が主であり、点検作業員の墜落防止や点検工具等の落下防止といった十分な安全管理が求められ、特に山上中継所においては現場への行程も含め、点検維持管理にかかる負担が課題となっている。(図-1)

作業員による高所作業での通信鉄塔・反射板点検

通信鉄塔点検

反射板点検



目視による点検

雪害による破損など



図-1 通信鉄塔点検の様子

令和4年3月に点検基準(案)²⁾が新たに策定され、点検周期が12ヶ月から60ヶ月となったこと、また、点検要領(案)³⁾において、近接目視と同等の状態把握等が見込める場合にはその手法を適用してもよいこととなったことなどから、インフラDX推進の一端として、様々なデジタル技術を活用すべく、点検作業員による高所での「近接目視による確認」の代替手段として、UAVに搭載した高精細カメラを用いて写真撮影を行い(図-2)、鉄塔全体に対する部材の状態把握が可能な範囲について検証したので報告する。

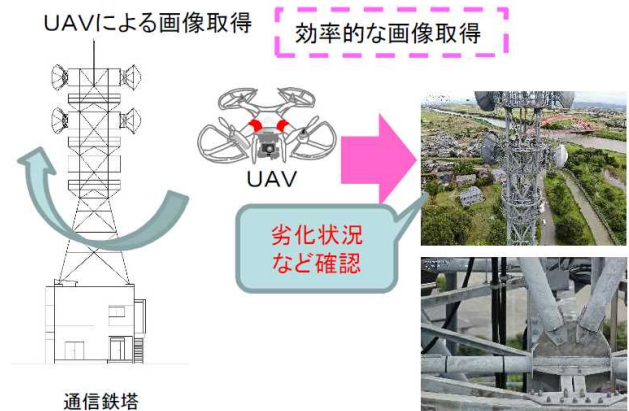


図-2 UAVを活用した鉄塔点検イメージ

2. 実施内容

「近接目視による確認」の代替手段の検証対象として、点検行程の調整、UAVの飛行条件などから、信濃川河川事務所大河津資料館構内に設置されている通信鉄塔を選定し、以前から通信鉄塔の点検を実施している、電気通

信施設保守業務において検証を実施した。詳細は次に示すとおりである。

(1) 実施日時・箇所

場所：信濃川河川事務所 大河津資料館構内
住所：新潟県燕市五千石
日時：令和4年9月21日 08:00～15:00

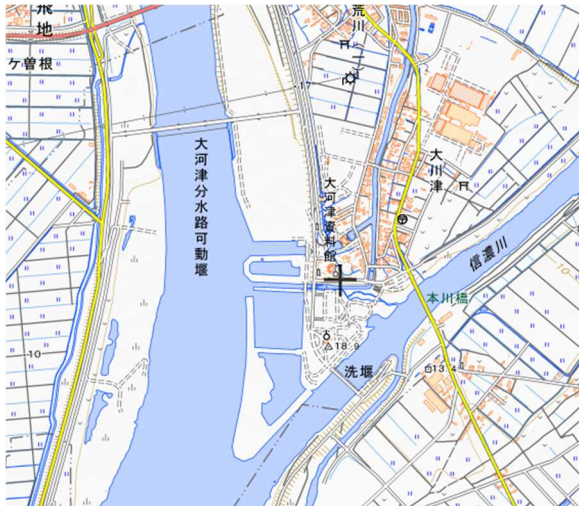


図-3 通信鉄塔位置 (地理院地図を加工して作成)

(2) 点検対象

名称：大河津無線中継所 通信鉄塔
構造：パイプトラス型
高さ：GL+58m
標高：GL+16.5m
設置：2000年10月

(3) 使用機材

UAV本体 : DJI Matrice300RTK
使用カメラ : DJI Zenmuse-H20
その他機材 : DJI D-RTK2 Mobile Station

表-1 UAV本体の主な性能

基本性能			環境性能	
飛行時間 (分)※1	ペイロード(kg)	対風速 (m/s)	防水 保護 等級	動作環 境温度 (°C)
55	2.7	15	IP45	-20 ～ 50

※1ペイロード無しの最長時間。

表-2 カメラの主な性能

ズームカメラ			広角カメラ	
センサー	対角 視野	ズーム (光学)	センサー	対角 視野
1/1.7インチ CMOS 20MP	66.6° ～ 4°	最大23倍 (手動) 最大15倍 (自動)	1/2.3インチ CMOS 12MP	82.9°

(4) 検証内容

鉄塔の点検基準 (案) (表-3) による、各部を構成する鋼材等における、腐食、亀裂、変形、脱落、緩みなどの確認について、UAVで撮影した画像から鉄塔全体のどの範囲までそれらの状況が確認できるか、近接目視による確認を代替できるか検証した。
また、撮影した画像・映像を元に解析を行い、目視では判別しきれない錆や亀裂の発生による劣化状況の診断可否についても検証した。

表-3 鉄塔 点検基準 (案)

No	確認事項の概要	作業の実施範囲、具体的方法
1	本体	鋼材(形鋼、仕口部、ガゼットプレート等)の確認 継手ボルト等の確認 仕口溶接部の確認
	腹材 (本柱を除く塔体部材)	鋼材(形鋼、仕口部、ガゼットプレート等)の確認 継手ボルト等の確認 仕口溶接部の確認
	柱脚	アンカーボルト・ナット・ベースPLの確認の確認
2	鋼材(形鋼、仕口部、ガゼットプレート等)の確認 継手ボルト等の確認 仕口溶接部の確認	形鋼、仕口部、GPL等について腐食、亀裂、変形等の確認を行う。 継手ボルト等について腐食、脱落、緩み等の確認を行う。 仕口溶接部等について亀裂等の確認を行う。
3	アンカーボルト・ナット・ベースPLの確認の確認	ベースPL溶接部、アンカーボルトについて腐食、亀裂、脱落、緩み等の確認を行う。 ※露出している場合、又は錆等を掘削した際に確認できる場合
4	ベースモルタル・基礎コンクリート・基礎及び周辺地盤の確認	モルタル仕上げ他のひび割れ、傾き等の0確認を行う。
5	梯子・ラック・アンテナ取付リング・踊場・手摺(形鋼、ボルト等)の確認	形鋼、ボルト、手摺等について腐食、亀裂、脱落、緩み等の確認を行う。
6	アンテナ取付架台、避雷針支柱、水平ラダー等	アンテナ取付架台、避雷針支柱、水平ラダー等について腐食、亀裂、脱落、緩み等の確認を行う。また、導線の切断がないか点検し、接地端子への接続を確認する。

(5) 撮影方法

通信鉄塔を中心にその外周部及び上空をUAVに飛行させ、予め指定した撮影箇所及び高度による撮影ポイント上で静止させ、各部の鋼材やボルトの状況が確認できるように、「高解像度グリッド撮影 (自動ズーム撮影)」によって拡大撮影を実施した。画像分析による劣化状況診断に用いるため、動画による撮影も含め、計7回 (表4,写真-1) の飛行により撮影を行った。なお、撮影対象の鉄塔は複雑な鋼構造物であり、単純な「面」を持っておらず、十分な離隔を確保して安全に撮影を行うため、UAVの操作は手動で実施した。(写真-1～写真-9はすべてUAVによる撮影である。)

表4 飛行諸元

飛行番号	対地高度(m)	撮影方向	備考
1	40	東	試験飛行
2	38	東	
3	38	北	
4	102	下	
5	58	東	
6	56	北	
7	58	北	動画



写真-1 撮影方向

3. 撮影結果

撮影結果を以下に示す。飛行番号2では、鉄塔下部の主材の外観確認を実施した。拡大した画像では、主材本体及び接合部におけるボルト、ナットの状態を確認することができる。(写真-2,3)

飛行番号4では、鉄塔直上から撮影を行い、目視確認では実施出来ない鉄塔外周部、上部の状態について確認し、発錆の様子が伺える。(写真-4)



写真-2 飛行番号2 主材外観



写真-3 飛行番号2 主材・ボルトの拡大画像



写真-4 飛行番号4 鉄塔上部

飛行番号5では、空中線を支持しているリング、空中線取付架台、踊場を主な撮影対象とした。(写真-5) 取付架台の接合部の鋼材、ボルト、踊場部分の状態について確認することができた。(写真-6,7)



写真-5 飛行番号5 リング、支持架台外観



写真-6 飛行番号5 空中線支持架台の拡大画像

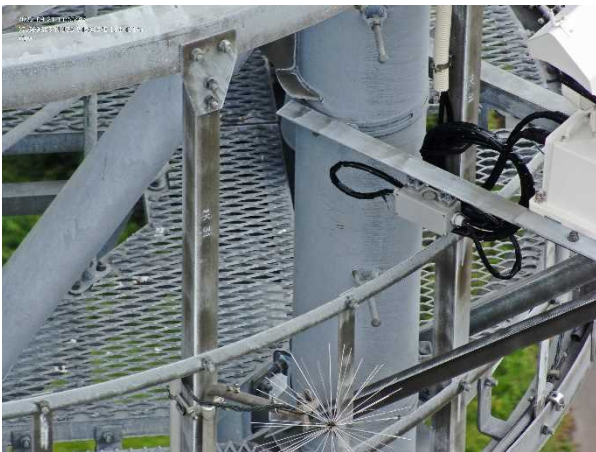


写真-7 飛行番号5 踊場の拡大画像

飛行番号6では、ケーブルラック・鉄塔昇降用の梯子について撮影を行い、ラック・梯子の取付状況について確認できる画像が得られた。



写真-8 飛行番号6 ケーブルラック・梯子の拡大画像

なお、飛行番号3、4の間でUAVのバッテリー交換を実施した際に、撮影後の遅延書き込み中であったため、撮影画像の一部データ（赤枠部分）が欠損した（写真-9）。これは自動撮影モードで発生することがあるが、撮影時にはデータの取扱についても注意が必要である。



写真-9 飛行番号3 記録画像欠損状況

4. まとめ

(1) 検証から得られた知見

通常の見視点検では死角となる鉄塔外周鋼材の取付部、空中線支持部などについて、今回撮影した画像から腐食、亀裂、変形等の状況を十分に確認できることが分かった。UAVのカメラ画像により、代替することができれば、鉄塔外周部の確認など、本来、足場設置が必要となるような作業で、点検作業員の危険を回避し、安全性を確保できる効果があると確認できた。

(2) 課題

鉄塔は複雑な3次元構造となっており、UAVによる鉄塔外周からの撮影では、同じ接合面のボルトを調査するためには、複数箇所から撮影する必要があるなど、想定より撮影に時間を要することが分かった。そして、撮影した画像を人間が見て、劣化状況等を確認するため、見落としが発生する可能性がある。

今回、全天候型UAVを使用した。雨天時はカメラに雨滴が付着し撮影の支障となること、トラブルで撮影データを損失するリスクがあることなどに、注意が必要である。また、UAVの飛行にあたっては航空法に基づく許可申請、安全管理が求められるため、必ずしも省力化にならないケースが懸念される。

(3) 改善案

撮影データの処理に時間を要する点については、画像処理技術を活用することにより、処理速度の向上を図り、人間の目では確認出来ない不可視部分の劣化検知ができれば、撮影データの量は有効な資産になり得る。今回撮影した動画、画像を元に錆の状況について解析を試行した。以下に示す4つの画像はいずれも、左上がUAV撮影画像（動画）、左下が部材検出、右上が錆検出、右下が劣化状況をグラフ化（上から本柱・腹材、ボルト・ナット、二次部材の順）したものである。実際は赤く囲んだ部分に錆が見られたが、HD動画を元にした錆の検知は不十分であった（写真-10）。一方、拡大撮影した画像から切り出した画像では、錆を検知することができた（写真-11）。この検知結果の差は、動画と画像での解像度の差によるものと考えられる。対応策として、例えば4K動画で撮影することで、静止画撮影と同等の解像度を確保しつつ、撮影時間を短縮することができ、つまり全体的な点検に要する時間の短縮が見込まれる。

今回、適用した解析学習データの不足や撮影画角の差異により、検出精度は高くないものの、錆等の検知ができていない部分もあり、有用性は確認できた。解析結果からの傾向として、より高精度な画像データが望ましいことが分かったため、撮影時に、最適な撮影ポイントや画角を考慮する必要がある。

[HD動画からの検知(検知が不十分)]

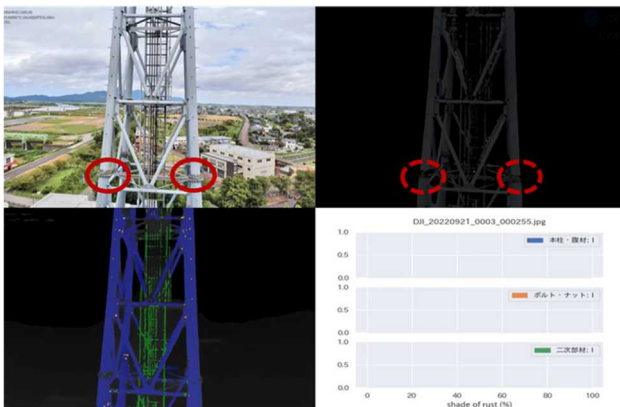


写真-10 動画からの検知

[写真から切り出した画像での検知(検知した)]

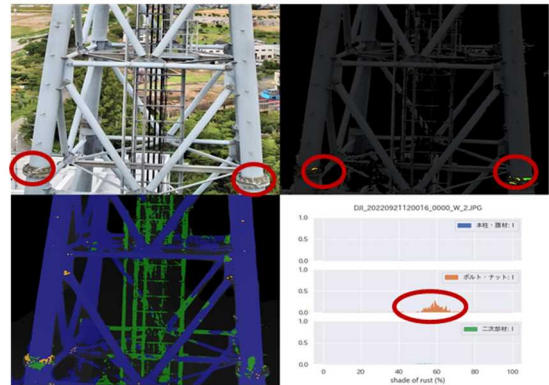


写真-11 写真から切り出した画像での検知

5. 今後の展望

今回、点検基準（案）の策定をきっかけに、通信鉄塔における「近接目視による確認」の代替手段として、UAVによる撮影画像について検証した。

現時点では、点検項目のすべてを代替できるような結果は得られなかった。しかしながら、通常点検とUAV撮影による手法について、労力や安全管理の観点から、適用する鉄塔を選別して活用できれば、部分的な効率化を図ることができると考えられる。但し、点検項目にはボルトの締め付け確認や、山上中継所の鉄塔については、点検道路の維持管理・確認といった物理的に確認が必要な要素もあるため、適用対象は十分に検討する必要がある。また、撮影した画像・映像データを継続的に蓄積、解析することにより、不可視部分の状態把握や経年変化の傾向をつかみ、予防的な維持補修に役立てることなどが考えられる。今後も、試行・分析を重ね、適用範囲を検討し、通信鉄塔だけでなく、維持管理、保守点検における負担軽減、安全性向上を推進していきたい。

謝辞：本論文作成にあたり、ご指導・ご協力頂いた皆様
に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室：電気通信施設点検基準（案）【個別点検】（令和2年11月）。
- 2) 国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室：通信用鉄塔及び反射板点検基準（案）（令和4年3月）。
- 3) 一般社団法人建設電気技術協会：通信用鉄塔及び反射板定期点検要領（案）（令和4年1月）。