

電力建物の維持管理におけるデジタル化の推進

○高田 麻巳^{*1} 岩本 剛^{*1}
 色摩 康弘^{*1} 前田 浩行^{*1}

キーワード：赤外線画像による劣化評価 建築設備保全データ活用 構造ヘルスマモニタリング

1. はじめに

近年、IoT や AI 技術をはじめとするデジタル化技術の発展が目覚ましく進展している。今後、ICT などの情報化技術の実装によって急速な社会変化が予想される。また、労働力不足の深刻化などの背景も踏まえ、生産性の向上は急務であり、高経年化する設備・施設などの維持管理における効率化は大きな課題である。

東京電力グループ（以下、当社）は発電設備や変電設備など電気事業に必要な様々な施設を保有しており、効率的かつ合理的な維持管理方法の確立は重要なテーマである。また、地震発生時等の各施設・設備の状態管理等データを把握することは対応迅速化につながり事業継続性の観点からも大切な取組の一つである。本報では、当社の所有する電力建物の維持管理におけるデジタル化への取組を報告する。

2. 成果報告

2-1. UAV による RC 煙突の赤外線撮影 [RC 劣化評価]

(1) はじめに

近年、日本建築学会では建物点検等に対する UAV 活用の検討がなされている。¹⁾ 当社でも膨大な数のコンクリート構造物の点検等を実施しており、維持管理の効率化・費用低減は大きな課題である。

本報では、200m 級の超高 RC 煙突を対象に、赤外線技術と UAV を活用した劣化事象の把握結果を報告する。

(2) 対象煙突及び調査概要

図 1 に対象煙突概要および調査概要を示す。調査対象煙突は、東京電力フェUEL&パワー所有の火力発電所構内にある RC 煙突で、外筒表面はモルタル仕上げである。UAV の飛行高さは 149m とし、煙突壁面からの水平距離は撮影解像度が 25mm/pix 以下²⁾ となるように 10m 程度とした。表 1 は今回使用した UAV の諸元を示す。図 2 のように撮影面によって、バッテリー消費量が異なる結果となっている。これは、飛行時の風速の影響によるものと推察している。長時間の撮影をする場合は、特に計画的な飛行計画の立案も大切である。

(3) 赤外線画像と温度差マップによる劣化評価

図 3 に撮影した赤外線画像の一例を示す。画像からは壁面全体の温度分布しか得られないため、劣化部（例えばモルタルの浮き等）の直接検出は不可能である。その

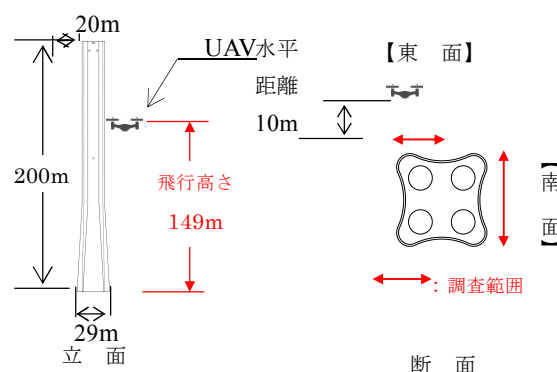


図 1 対象煙突概要および調査概要

表 1 UAV 概要

名称	Matrice
型式	M210 RTK
製造メーカー	DJI 社
赤外線カメラ	Zenmuse XT
解像度	640×512

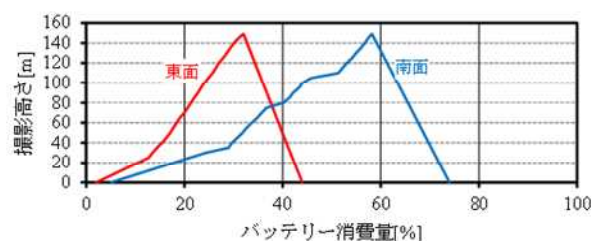


図 2 UAV のバッテリー推移

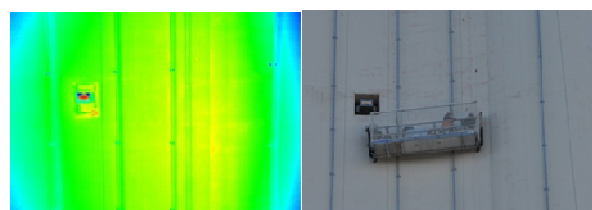


図 3 赤外線画像の一例（東面、高さ 110m）

ため、通常は画像の表示温度を調整しながら劣化部の判別を行っている。しかしながら、当該煙突のように壁面面積が大きい場合にその作業を行うことは効率的とは言えない。

そこで、本検討では UAV から撮影した赤外線画像は一定の画角で、ほぼ正対した画像と見なせることに着目し、高さ方向に連続性のある温度分布が得られていることから 1 ピクセル毎の高さ方向の壁面温度データを三次関数で近似したものを標準温度（健全部）と仮定し、標準温

度からの温度差を再度マップ化した。

図4に地上高さ110m付近の壁面温度分布と標準温度分布の比較および温度差の一例、図5に温度差マップを示す。赤枠内の温度差を比較すると、UAV撮影では高さによらずほぼ一定の解像度で撮影出来るのに対し、地上撮影では撮影高さにより撮影距離が長くなり画像解像度が下がることがわかる。

図6にUAVで撮影した赤外線画像から温度差を検出した箇所と別途実施した打診調査結果の比較を示す。温度差が生じている箇所は打診調査で浮きと判定した範囲に概ね収まるが、整合割合が45%程度と判定出来てない箇所もあるため標準温度の設定方法等の課題があると考えている。

(4) まとめ

UAVを用いて赤外線画像を撮影し、劣化調査を実施した結果、劣化部の分布状況については、UAV撮影による判別可能性があることが分かった。しかし、評価精度向上、超高層飛行での視認性改善など安全対策等の課題がある。

今後、劣化部の判定自動化に向けたデータの蓄積や判定手法の高度化を行う予定である。

2-2. ICTを活用した建築設備の運用・管理・更新の最適化検討〔設備保全データ活用〕

(1) はじめに

近年、ICT・IoT技術の進歩により、従来では把握できなかったような建築設備情報が掴めるようになってきている。また、これまで十分に活用されてこなかったデータ群（定期点検記録など）についても、Machine LearningやDeep Learning技術の進歩により再活用の可能性が広がってきている。

そこで当社では、建築設備関連の研究にこれらを取り入れることで、空調運転の最適制御、設備点検の省力化、設備故障の予測および検知などの運用改善を目指している。本項ではそれらの進捗と展望を報告する。

(2) 定期点検データを活用した更新判断基準の策定

経年した設備が故障した際にそれを修繕すべきか更新すべきかは、判断が難しいことが多い。更新頻度が多すぎれば更新費用の増大を招き、少なすぎれば修繕費用の増大と室内環境の悪化を招く。

そこで、図7、図8のように過去の点検・故障データから重大故障が発生しやすい部位と時期を特定するとともに、修繕費用・更新費用の過去実績データから建物LCCを最小化する更新時期を算出することで、設備種別ごとの更新判断基準を順次策定している（図9）。

(3) AIによる用途別使用電力量の推計

当社グループ所有建物には、初期投資額削減を目的として各種計測設備を省いたために、詳細な設備運転デー

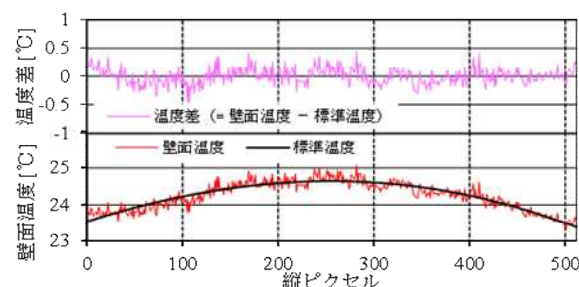
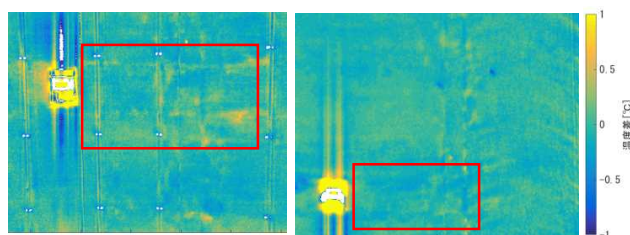


図4 壁面温度と標準温度の比較および温度差の一例



(1) UAV撮影 (2) 地上撮影
図5 温度差マップの比較（東面、高さ110m）

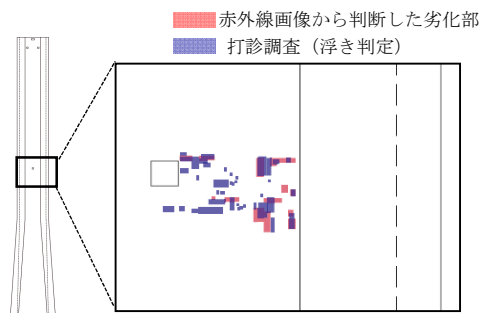


図6 赤外線画像と打診調査結果の比較

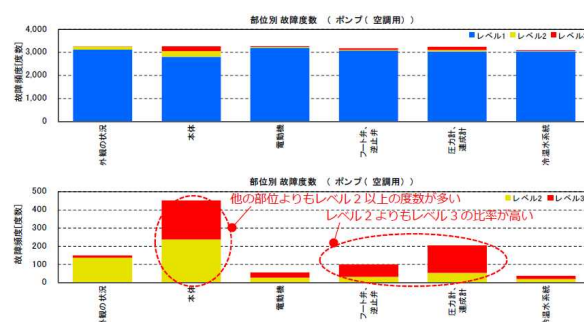


図7 空調用ポンプの部位別故障度数

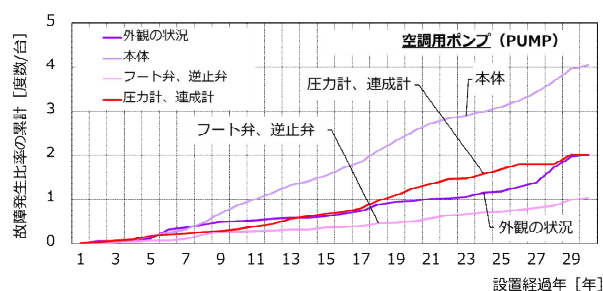


図8 空調用ポンプの経過年と故障発生比率累計

タが取得できていないものが少なからず存在する。たとえば使用電力量データで言えば、設備単位や幹線単位ではなく建物全体でしか計測しておらず、これでは設備運用のPDCAが回せない。

そこで、詳細な使用電力量データが存在する建物群のデータをもとに、AIを活用してそのほかの建物の使用電力量を設備種別ごとに類推する研究を行っている。図10のように現時点ではまだ精度が低く、既存データの再クレンジングなどによる改善を進めている。

(4) 水中ドローンを活用した蓄熱槽点検の省力化

これまで蓄熱槽内の目視点検には図11のような器具を使用していたが、蓄熱槽の周囲には十分な作業スペースが用意されていないことが多く、狙った場所が撮影できないなどの困難が生じていた。

現在これを改善すべく、図12のように水中ドローンで蓄熱槽内を撮影する検討（試験運用）を進めており、配線が蓄熱槽内の配管に絡まないための運用上の工夫など、種々の知見を蓄積しつつある。

2-3. スマートフォンを活用した地震時の建物被災度判定システムの開発〔建物被災度評価〕

(1) はじめに

当社は首都圏で多くの重要電気設備を有しており、大規模地震発生後に緊急時対策本部が設置される本社・総支社建屋等の重要建屋には、建物継続使用可否の早期判断を支援する観点から、専用の地震計及びLAN回線を用いた「建物被災度判定システム（以下、現行システムと称す）」を2007年度より導入している。

しかしながら、地震時の設備被害程度の把握や早期復旧に向けては、上記重要建屋の他にも現地での復旧拠点となる施設や復旧資機材倉庫等も重要であるが、非常に施設数が多く、現行システムをそのまま導入する場合に多大の費用を要する。

(2) 新たな建物被災度判定システムの開発

「振動計測機能」及び「通信機能」を有するスマートフォン（iPhoneSE）を地震計の代用として活用し、その特性を生かした新たな「建物被災度判定システム（以下、新システムと称す）」を開発した。

なお、新システムの開発にあたり、スマートフォンの加速度センサーの感度特性が公開されていないため、当社振動台を用いて他の加速度センサー（共和電業製、白山工業製）と比較試験を行い、建物に損傷が生じる大きな振動では、主要な振動数帯域において、他の加速度センサーと同等の性能であることを確認している。

現行システムの概要を図13に、新システムの概要を図14に示す。

なお、図13及び図14の②において、地震時の建物変形程度と被害程度に一定の関係性があることを踏まえ、

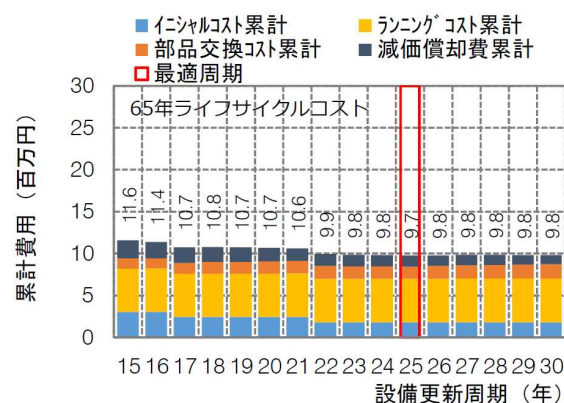


図9 空調用ポンプの設備更新周期とLCCの比較

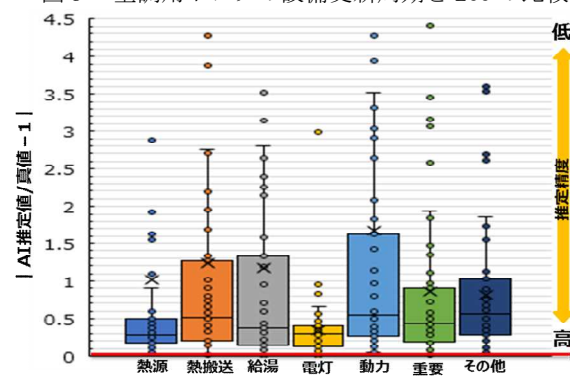


図10 設備種別毎の使用電力量推定結果



図11 現行の蓄熱槽内撮影器具



図12 水中ドローン試験運用状況

各層の最大変形量（最大層間変形角）から建物被害程度（安全～要注意Ⅰ・Ⅱ～危険）を判定している。

また、新システムにおいては、建屋の振動モードを利用して、センサー非設置階の地震動を推定する機能も採用している。

(3) 試験観測結果

当社施設において新システムによる試験観測を実施し、現行システムと比較しても、良好な観測・判定結果が得られることを確認した。新システムによる観測結果の例

を図15に示す。なお、観測点は1・2・6・7・11・12階であり、その他の階は、モード解析による推定値である。

(4) 新システムの改善効果

新システムには、現行システムに対して以下の3点で効果が期待できる。

・コスト

地震計を安価なスマートフォンで代用し、専用LAN回線不要とし公共の通信インフラを活用することにより大幅なコストダウンが可能となる。

・システム保守管理

従来は施設単位で建物管理者が保守管理していたが、クラウドサーバーを通じて一括状態監視を行うことにより、保守管理の省力化を図ることが出来る。

・判定結果の情報共有化

従来は判定結果を建物管理者のみが管理していたが、クラウドサーバーを通じた情報発信により、多数の関係者（例えば本社防災担当者等）と情報共有化を図ることが出来る。

(5) 今後の課題

当社施設において新システムによる試験観測を実施し、現行システムと比較しても、良好な観測・判定結果を確認したが、専用の地震計センサーではないスマートフォン固有の課題も確認された。

- ・長期稼働に伴うシステムの固着
- ・画面上のほこりや静電気等による誤動作

3. 終わりに

本報告では、当社電力建物の維持管理におけるデジタル化の取組について建物の劣化評価、設備保全データ活用、被災評価等の観点で各々の取組を報告した。今後、この取組を継続するで、様々なデータ等が蓄積・収集され、より高度な分析・評価が可能となると考えている。

施設維持管理における劣化判定自動化やロボット技術を活用した保全業務の省力化、点検データ等に基づく予兆評価、被災時対応の迅速化等を実現することで、施設維持管理の更なる効率化・高度化を目指していく。

[参考文献]

- 1) 宮内博之他：UAV を活用した建築保全技術開発に関する研究 その1～その3, 日本建築学会学術講演梗概集, 2017, pp.1279-1284
- 2) JAIRA 日本赤外線劣化診断技術普及協会：特殊建築物等定期調査における外壁の劣化損傷状況の赤外線ガイドライン, 平成23年4月

*1 東京電力ホールディングス株式会社

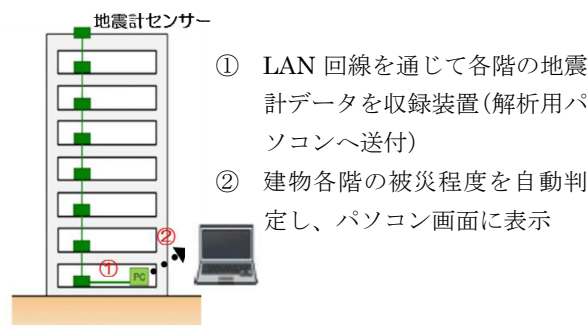


図13 現行システムの概要



- ① 各階の地震データをクラウドサーバーへ送信
- ② 建物各階の被災程度を自動判定
- ③ 判定結果を建物管理者等へメール及びWEB発信（地震諸元情報等含む）。

図14 新システムの概要

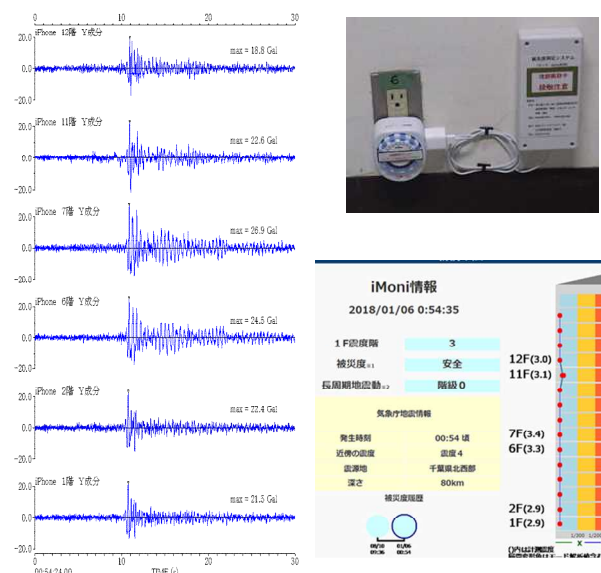


図15 新システムによる試験観測結果
（2018/01/06 千葉県北西部の地震）