

# 電力設備診断技術へのIoT適用 (画像処理技術編)

電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 中島 慶人、石野 隆一、伊藤 憲彦  
環境科学研究所 中屋 耕

デジタル化による世の中の変化に伴い、電気事業にも大きな変革期が訪れようとしている。電力設備に取り付けたセンサから取得した信号や設備を撮影した画像がモノのインターネット(IoT: Internet of Things)のデータとしてクラウド上で人工知能(AI)と結びつき、設備の点検や診断の高度化と合理化が可能になりつつある。既に先進的な企業は、様々なセンサを利用した設備の点検や診断を実現しつつ、利用者に対して新たな付加価値を提供するビジネス展開を図っている。その中で、使い勝手の良いセンシングデータの一つとして画像が利用されている。今回、電力設備の点検や診断の高度化と合理化に向け、IoTの活用を前提に当所で開発してきた画像処理技術の一端を紹介する。

## 現在という時代のなかで

電気事業の黎明期である19世紀の終わりに、直流システムを主張するエジソンと、ニコラ・テスラが発明した交流システムを主張するウエスティングハウスとの間で競争がなされた。その結果、長距離送電に有利な交流が使われることとなり、エジソンが電気事業から撤退する契機になったと言われている<sup>[1]</sup>。長距離送電がベースとなったことで、地域の電力事業者が中心となり発電・送電・変電・配電の垂直的な流れで家庭に電力が届けられるビジネスモデルが確立した。本ビジネスモデルはUtility1.0とも呼ばれだしている<sup>[2]</sup>。

昨今、発電と小売り分野の自由化や家庭での太陽光発電の普及だけでなく、電気自動車の到来によりモバイル蓄電池が視野に入ってきたことで、従来の電気事業のビジネスモデルが大きく変わろうとしている。現在はまさに電気事業変革の黎明期であり、国内を面的に覆う既存の電力設備をデジタル化で効率的に管理し電力の安定供給を維持しつつ、新たなビジ

ネスモデルの創出を見据えることが必要な時代となっている。本記事では、IoTを活用した既存の電力設備の点検・診断の高度化と合理化に向けた当所の取り組みの一端を紹介する。

## IoTの活用と画像処理の関係

### (1) 電力設備の特徴と点検

既存の電力設備の最大の特徴は、簡単に移動できない膨大な数の固定設備が電線でつながっていることにある。そのことが、設備の点検において利点にも欠点にもなっている。

利点は、設備が固定しているため点検に向かう現場が特定でき、計画的な点検が可能なことにある。一方、欠点は、膨大な設備を巡視員が頻繁に点検できないことにある。送電線の総延長が約65万km、送電鉄塔は約24万基、電力会社が管理する電柱が約2200万本と、莫大な設備が国土を覆うように広がっている。山間部などの設備も多く、点検設備に到達するだけでも時間と体力を費やすため、巡視員による頻繁な点検は物理的にも経済的にも不可能な状況である。

電柱だけをみても、日本の総人口の約5分の1に相当する数を点検しなければならない。さらに、各設備の点検項目数が多いことから、屋外の電力設備点検は現在のところ目視による確認作業が中心となっている。この目視は、点検者の経験に依存している部分が大きいため、人による設備診断にばらつきが出てしまうなどの問題を抱えている。そのため、昨今のIoTなどを利用した人手を介さずに客観的な点検が行える技術の開発が望まれている。

### (2) 他分野の参考事例

既に他分野ではIoTという言葉が一般化する前に、センシングと通信ならびに最適化技術を利用した設備の点検・診断を実現している会社も存在する。例えば、電力設備とは全く逆の特徴を持つ、点検設備がどこにあるか特定が困難な建設重機の分野では、いち早くIoTを用いた点検・診断サービスが始まっている。コマツ建機販売は、コマツの建設重機に組み込まれているセンサを使い燃料

消費量や稼働時間などの様々なデータを遠隔で取得し、点検・診断さらには保守までを含めたサービスを展開している。2011年4月の時点で国内の約6万2000台の重機にシステムが導入され、車両の位置や稼働状況の管理、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量や省エネ運転などの記録、あるいは部品の交換時期などを推奨するサービスが提供されている<sup>[3]</sup>。

点検内容に即したセンサを電力設備に取り付けることで、類似のビジネスモデルにより点検や診断の効率化が図れると考えられる。さらに、国内を覆うように設置されている電力設備から環境情報などを取得できれば、保守点検とは別に新たな環境モニタリングなどの多彩なサービスの立ち上げも可能である。

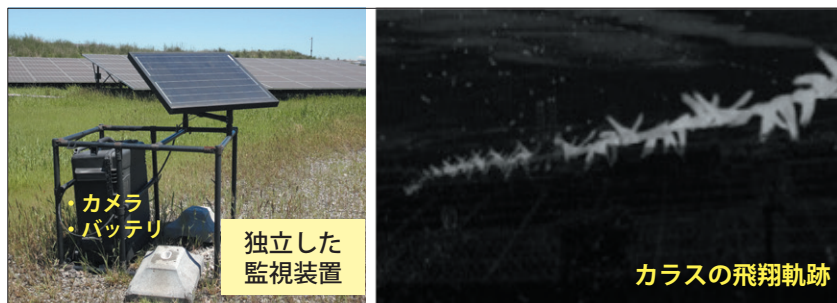
### (3) 画像処理とセンシングの関係

撮影画像は、温度、湿度、気圧、振動、音、圧力などのセンサと同様、カメラの受光素子センサでとらえた1つのセンシングデータである。ただし、人が視覚に大きく依存した生活を送っていることから、他のセンサで得られるデータよりも、人が直感的に理解しやすい性質がある。また、一般的に設備へセンサを取り付けるうえで、センサの電源確保の問題、センサの設置個所や設置方法の問題、データ収集の問題がつきまとう。それらの問題に対し、カメラであれば電源や通信を確保できる少し離れた場所から設備を監視でき、IoTを実現するセンサとして柔軟な装置構成が可能となる。そのため、当所ではカメラで撮影した画像から、設備のセンシングデータを取り出す研究成果を数多く残してきている。以下では、その数例を紹介する。

図1 異常のある太陽光パネルを赤外線サーモカメラで撮影した画像



図2 太陽光発電所に設置した監視装置と得られた鳥の飛翔軌跡例



## 画像処理によるセンシング

### (1) 太陽光パネルの診断

画像が電力設備のセンシングに役立つ分かりやすい例として、太陽光パネルの診断を紹介する。昨今、家庭での太陽光パネルの設置や企業による大規模太陽光発電所(メガソーラー)の新設が増えてきている。それらの太陽光パネルの表面が何らかの原因で損傷し、パネル内の気密が保たれずに水分が侵入すると、セルの接合部分が切れたり焦げたりする現象が発生する。セルの接合部分が破損すると、発電した電気の逃げ場がなくなり、電気エネルギーが熱として放出される。このような破損部分は、パネルの中で周囲よりも部分的に熱くなることから、ホットス

ポットと呼ばれている。このホットスポットは、赤外線サーモカメラを使うことで容易に検出できる。図1は、破損している太陽光パネルを赤外線サーモカメラで撮影した画像である。斑点部分が損傷部を示すホットスポットである。

新設のメガソーラーにおいても、同様のパネル破損が発生している。そこで、発電所で発生するパネル破損の直接的な原因を明らかにするため、パネルを長期間にわたり監視する研究を実施した。本研究ではパネルの監視用として、カメラに小型の太陽光パネルと蓄電池を取り付け、外部電源を使わずに長期間の監視ができる装置を設計・制作した。また、長期間撮影した映像から、画像処理によりパネル上空を飛ぶ物体の軌跡

図3 鉄塔に飛来する鳥の検知



を自動検出するプログラムを開発し、破損原因の調査にあたった(図2)。

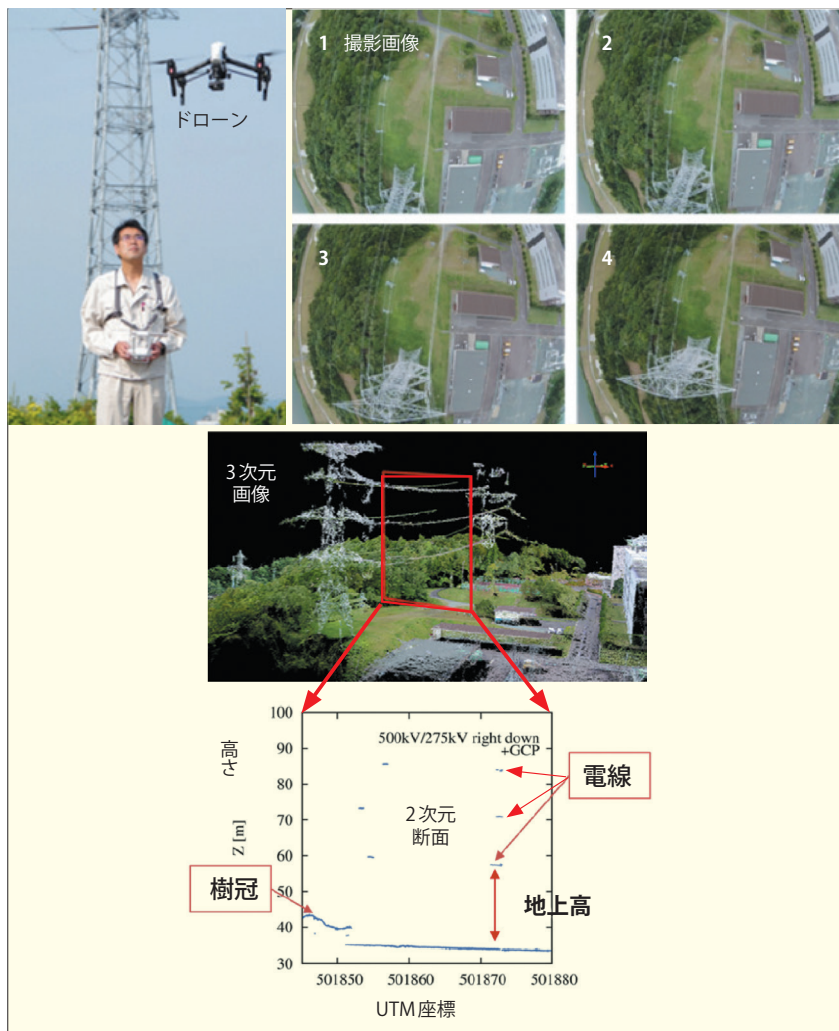
連続監視を行った約1年半の間にパネル破損は発生しなかったが、カラスが上空から石を落とす様子が記録でき、カラスの行動がパネル破損原因の一つである可能性を示した<sup>[4]</sup>。現在、本監視装置はカラスの忌避装置の効果を定量的に計測する研究に活用している<sup>[5]</sup>。

### (2) 鉄塔へ飛来する鳥を検知

高く見晴らしが良く突起を持つ鉄塔や電柱などで、鳥が巣を作りやすい。このような鳥の営巣活動は、電気事故につながる厄介な監視対象の一つである<sup>[6]</sup>。そのため、電力設備の巡視点検では鳥の営巣活動も一つの点検項目となっている。しかし、巡視点検で1カ所の設備に使える時間は短く、長期間にわたり設備を監視することができない。

そこで、鳥が飛来しやすい鉄塔を長期間撮影した画像を使い、鳥の飛来状況を検知する画像処理手法を開発した<sup>[7]</sup>。図3はこの手法を使い、ムクドリの大量飛来時のみに管理者へ警報を発するために開発した監視システムの画面出力例を示している。この監視システムでは、鳥の飛翔軌跡を解析し、飛来と飛び去りを区別して、飛来時のみに警報を出している。

図4 ドローンを活用した電線と樹木の離隔距離計測例



### (3) 電線と樹木の離隔距離計測

鳥の営巣と同様、樹木と電線が接触すると電気事故につながるため、樹木と設備の離隔距離が巡視時の点検項目となっている。しかし、山間部などで送電線と樹木の離隔距離を計測する作業は、計測可能な場所の確保だけでも多大な困難を伴う。

そこで、設備と樹木の離隔距離を簡便に計測するため、小型無人機「ドローン」で送電設備を撮影した画像を使い撮影範囲を3次元的な立体画像として再現する研究を実施している<sup>[8]</sup>。図4は地上高90mの高さを飛ぶドローンから鉄塔を撮影し、そ

の撮影画像から地表の樹木、鉄塔、送電線、建物などを画像処理で3次元的に再現した結果を示している。さらに、3次元画像から電線と樹木の一断面を切り出し、樹木と電線の高さを示している。

本研究により、ドローンで撮影した画像を使い鉄塔などの設備とその背景を3次元的に再現でき、樹木だけでなく構造物と設備の離隔距離なども机上で簡便に計測が可能となる。さらにその先には、ドローンで得られる画像をクラウドに送信し、物体と電力設備の離隔距離をAIで自動監視するサービスが生まれると予想される。

#### (4) 鉄塔の状態診断

現在、電力会社では送電鉄塔約24万基の寿命延伸に向け、鉄塔ごとに錆の進行度合いを診断し、その診断結果に基づいた優先順位に従い防錆塗装を実施している。この診断では、点検員が鉄塔に昇り撮影した鉄塔鋼材の画像と、錆見本を目視で比較しながら鉄塔の錆度合いを判定している。そのため、昇塔による撮影作業と撮影画像を用いた錆の判定作業に、多大な労力を費やしている。

そこで当所では、ドローンやヘリコプターで撮影した鉄塔画像から、鉄塔の画素だけを抽出した後、錆の色見本に応じて鉄塔画素を自動的に分類し、鉄塔の塗装順位を決定する研究に取り組んでいる。本研究の処理の流れを図5に示す。昨年までに、鉄塔を撮影した画像に鉄塔設計図(3次元モデル)を重ね合わせ、鉄塔と背景を分離する画像処理を開発した<sup>[9]</sup>。本画像処理による鉄塔検出例を図6に示す。図6の画像内での鉄塔部分は約6万5000画素であり、本研究で作成した画像処理を適用することで鉄塔画素の約90%を検出できる結果を得ている。なお、図6の検出結果に示されている白部分が検出した鉄塔部であり、○印は空撮画像と3Dモデルとを比較する際に手掛かりとした部分である。

#### おわりに

デジタル化による世の中の変化とともに、電気事業にも昔の黎明期と同じような変革が始まろうとしている。その中で、電力の安定供給を確保するために、デジタル化を前提としたIoTの活用が必須であることを述べた。特に、今回はカメラで撮影した設備画像から設備の点検・診断

図5 空撮画像を用いた鉄塔塗装の優先順位決定の流れ

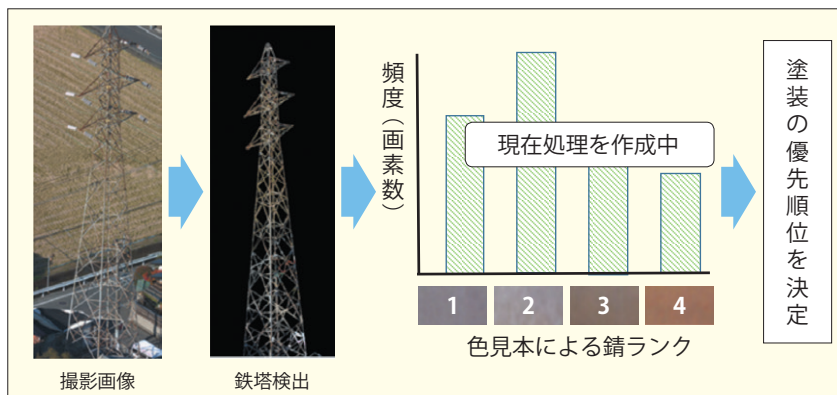
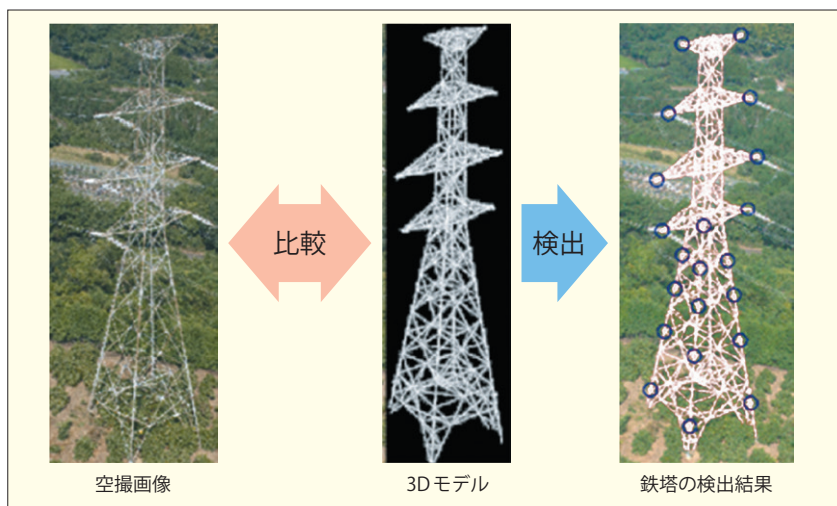


図6 鉄塔設計時の3次元モデルを用いた鉄塔の検出例



につながるデジタルデータを画像処理で検出する技術の一端を紹介した。今後、設備から得られるデジタルデータがIoTによりAIと結びつき、最適な設備点検・診断技術が確立されていくだけでなく、将来的には新たなビジネスモデルも生み出されていくと考えている。

#### 参考文献

- [1] 森本雅之、「交流のしくみ」、ブルーバックス、2016
- [2] 岡本浩氏、「「Utility3.0—電気事業はどう変わるのか(第1回)—他産業と融合する可能性」、電気新聞、2017/11/6
- [3] 「最新のICTシステムでお客様の車両管理を強力にサポート」<http://www.komatsu-kenki.co.jp/service/product/komtrax/>
- [4] 伊藤憲彦、竹内亨、白井正樹、中島慶人、佐藤信之、菅野純弥、「太陽光

発電所での鳥飛翔観測結果と鳥忌避装置の効果について」、電気学会全国大会、2017

- [5] 太田文彦、伊藤憲彦、中島慶人、竹内亨、白井正樹、菅野純弥、高木広治、「鳥類飛翔軌跡の長期観測システムを用いた太陽光発電所におけるカラス対策装置の効果検証」、電気学会 産業応用部門大会、2017
- [6] 竹内亨、小林聡、「送電鉄塔におけるカラスの営巣利用の実態とカラス用対策品の効果」、電力中央研究所報告V11011、2012
- [7] 中島慶人、伊藤憲彦、西川栄一、「鉄塔に大群で飛来するムクドリを検知」電気学会研究会資料(知覚情報/次世代産業システム合同研究会)、2014
- [8] 中屋耕、大石祐嗣、鈴木準平「送電線と樹木の離隔計測への小型無人飛行機の適用性評価」電力中央研究所報告V15004、2016
- [9] 石野隆一、「塗装すべき経年鉄塔の選定に役立つ画像処理技術の開発—空撮画像からの鉄塔抽出手法の開発—」電力中央研究所報告C16009、2017