

AIを用いて沿線設備の劣化を推定する



前田 梨帆
Riho Maeda
情報通信技術研究部
画像解析研究室
研究員



長峯 望
Nozomi Nagamine
情報通信技術研究部
画像解析研究室長



向嶋 宏記
Hiroki Mukojima
情報通信技術研究部
画像解析研究室
主任研究員

はじめに

信号機や器具箱といった鉄道沿線の設備（沿線設備）は、線路上に点在して設置されているため、作業員が各設備を徒歩で巡回して種別を

把握したり、取付状態や外観を検査したりといった維持管理業務に大きな労力がかかっています。近年の少子高齢化に伴って作業員が不足していることから、このような設備の維持管

図1 沿線設備の管理支援システムの全体イメージ



理業務の省力化が求められています。

そこで、走行中の列車に取り付けたカメラの映像から、近年急速に進化しているAI技術を活用し、沿線設備の位置(キロ程)と種別を判定し、外観の劣化度や傾きを出力する管理支援システムを開発しました¹⁾。このシステムによって、従来徒歩で行っていた沿線設備の維持管理業務を、車上からのカメラ撮影によって一部代替することが期待されます。

沿線設備の管理支援システム

■ 全体の概要

本研究で提案する沿線設備の管理支援システムの全体のイメージ図を図1に示します。このシステムは、営業列車などの運転台にカメラを設置して映像を撮影し、データを画像処理と

AIによって解析することで、PC上で沿線設備の状態を把握可能とします。そのためにシステムの処理部では、列車で撮影した図2のような映像から、(1)各映像フレームの地点のキロ程を計算して、(2)映像から沿線設備を認識し、(3)その設備の外観の劣化度の判定や(4)柱の角度を推定する、という全部で4つの処理を行います。これによって、映像中に含まれる各設備のキロ程とそのサムネイル画像を表示して、その画像から設備状態を診断することが可能となります。以下で4つの処理の詳細を説明します。

■ キロ程の計算

撮影した映像を業務に活用するためには、その映像に写っている地点や設備がどのキロ程のものなのか把握する必要があります。そこで本

図2 列車から撮影した前方画像の例



■ 外観劣化度の判定

沿線設備は屋外で長期間にわたり使用されるため、雨や雪、紫外線によるサビや塗装のはがれなどの劣化が避けられません。そのため、設備の外観を定期的に確認し、劣化の進行を把握することが維持管理業務において重要です。

しかし、現在行われている外観点検は、作業員が現地に行き実物を目視で確認する方法が中心です。しかしこの方法は、人の経験に頼る部分が大きく、担当者によって判断が異なることや、現場に行く必要があるため時間がかかるといった課題があります。

そこで本研究では、画像とAIを用いて劣化の程度を自動判定する方法^①を構築しました。本手法では、設備を撮影した画像をもとに、AIが設備の表面状態を解析し、劣化度を0～10の数値で評価します(0は健全、10は交換が必要な状態を示す)。このように結果を数値化(定量化)することで、点検結果を誰でも同じ基準で比較できるようになります。

図4のように、信号器具箱の画像を例にAIによる劣化判定を行った

① AIはどうやって劣化を判断しているの？

本研究では、画像を見て中身を理解できる画像分類AIを活用しています。このAIは大量の画像を学習しており、「サビがある・ない」「表面が傷んでいる・いない」といった見た目の特徴を見分ける能力を持っています。このようなAIを使うことで、人間のように画像を見て状態を判断することができるようになっていきます。



図4 信号器具箱の画像に対する劣化判定の結果

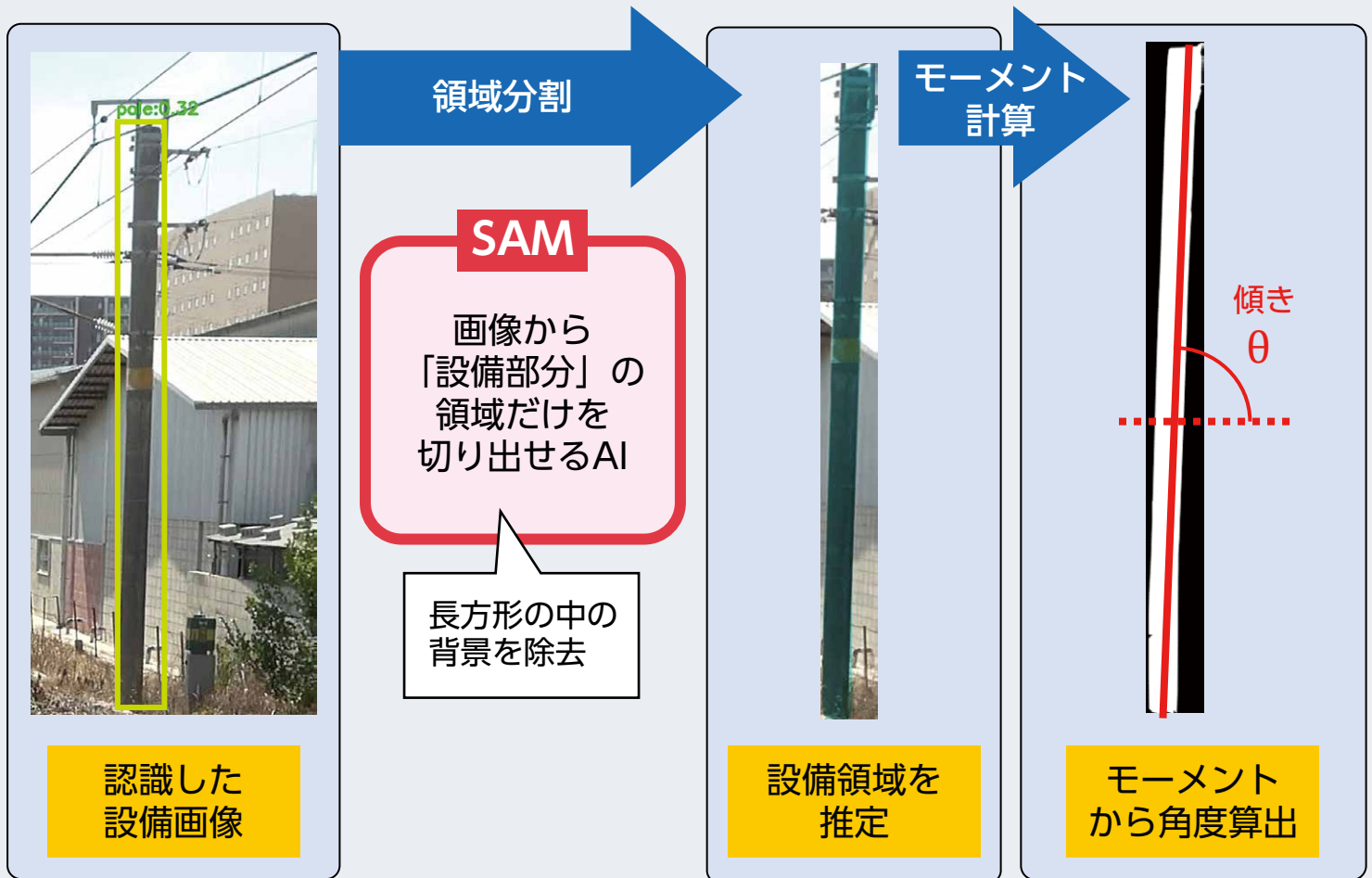


図5 電化柱の角度推定の流れ

ところ、劣化度の数値が小さい画像では状態が良好である一方、数値が大きい画像ほどサビや腐食が進んでいる様子が確認されました。このことから、劣化度を数値で表す仕組みが、設備状態の評価に有効であることが確認できました。

この外観劣化度の自動判定機能をシステムに組み込むことで、事務所内で大量の設備画像を確認しながら状態を評価できるようになり、現

場での確認作業を大幅に減らすことが期待されます。さらに、判定が自動化されることで担当者による判断のばらつきを抑え、より信頼性の高い効率的な設備管理につながると考えられます。

柱の角度推定

柱の角度推定とは、鉄道の線路沿いに設置されている設備—例えば電化柱（送電線を支える

画像から物体を切り出すAI「SAM」とは？

この方法では、画像から柱の部分だけを切り出すためにSAM (Segment Anything Model) という技術を使っています。SAMは画像の中から必要な物体を見つけて切り出すAIで、いろいろな種類の画像に対応できるのが特長です。あらかじめ特定の設備の画像を大量に学習させなくても使えるため、鉄道設備のように種類が多いもの扱うときにも便利です。

柱) や信号設備などが、まっすぐ立っているか、傾いていないかを調べる技術です。従来は現地ですべての測定器を使い、人の手で角度を確かめる必要がありましたが、多くの柱を調査するには時間と労力がかかるという課題がありました。

そこで本研究では、AIを活用して画像だけから設備の角度を自動的に算出する方法を用いています。この方法では、線路を走行する車両などから撮影した画像を使い、AI・画像処理によって角度を計算します。追加の計測装置を使う必要がなく、現場作業を減らせる点が大きな特徴です。図5では電化柱を例に、その流れを説明しています。

角度を調べるためには、まず先ほど認識した設備画像から電化柱などの「設備部分」だけを取り出す必要があります。設備画像には背景として空や草木、建物などが映り込んでいますが、これらは角度の計算に不要なので、設備だけを正確に切り分けることが重要になります。この処理には、SAM²⁾と呼ばれるAIを使った画像領域の抽出手法を用います。

設備の領域を切り出したあとは、その形の傾きを数学的に調べることで角度を求めます。この処理には「画像モーメント」という方法を利用します。画像モーメントを計算すると、その物体が画像の中でどの方向に伸びているかがわかるため、水平線に対して何度傾いているかを求めることができます。この計算結果が角度の推定値となります。

この一連の処理によって、画像データだけから効率的に設備の角度を調べることが可能になります。さらに、この技術をアプリケーションに組み込めば、現地での測定作業を減らしつつ設備の健全性を確認できるため、維持管理業務の省力化や安全性の向上に貢献できると期待されています。

おわりに

本研究では、鉄道沿線設備の維持管理業務における作業負担を軽減することを目的として、列車前方画像を活用した設備管理支援システムを開発しました。本システムは、画像処理にAIを活用することで、これまで現地での目視確認に頼っていた作業の一部をデジタル化し、効率よく設備管理を行うことを可能にするものです。

特に、画像から設備の状態を評価する仕組みも導入し、外観の劣化度推定や柱の角度推定といった状態診断を行うことを可能としました。これにより、現場へ出向かずに設備の健全性を確認でき、点検や維持管理計画の検討に活用できることを示しました。

以上のことから、本システムは現地作業の削減や業務効率化に貢献する有望なツールであると考えられます。今後も現場のニーズを反映しながら改良を重ね、鉄道設備の維持管理業務の安全性と効率化に寄与していきたいと考えています。RRR

文献

- 1) 向嶋宏記, 長峯望, 山中浩司, 坂元大介: ハンディカメラを用いた沿線設備認識システムの開発, 鉄道と電気技術, Vol.32, No.3, pp.3-7, 2021
- 2) Alexander Kirillov, Eric Mintun, Nikhila Ravi, Hanzi Mao, Chloe Rolland, Laura Gustafson, Tete Xiao, Spencer Whitehead, Alexander C. Berg, Wan-Yen Lo, Piotr Dollár, Ross Girshick. "Segment Anything" arXiv:2304.02643 2023