

車載カメラと画像認識を用いた道路附属物の錆点検の实地検証

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○内堀 大輔, 伊藤 航
非会員 齋藤 仁歩

1. はじめに

我々の日常生活や国内産業に必要な不可欠なインフラ設備として道路がある。この道路にはガードレール・歩行者自転車用柵（防護柵）・交通標識・カーブミラー等といった道路附属物と呼ばれる設備が設置されており、安心して安全な道路交通のためには、これらの設備の定期的な点検が必要である。しかしながら、設備数が膨大なため点検コストの発生や専門の点検員の確保が難しいという問題がある。

本稿では道路附属物の点検作業の効率化を目的とし、車載カメラで取得した沿道の画像から画像認識を用いてガードレール・防護柵・交通標識・カーブミラーの設備検出を行い、各設備に発生した錆を検出する点検方法の提案と、本方法を用いた实地検証の結果を述べる。

2. 車載カメラと画像認識による点検方法

(1) 全体構成

全体構成を図-1 に示す。本点検方法は車載カメラにより取得した画像に対して、画像認識により設備の識別と錆の検出を行う。設備の識別では、ガードレール・防護柵・交通標識・カーブミラーの設備種類を個別に検出可能で、さらに各設備の画素領域を検出できる。錆の検出では、設備の個別識別によって検出された画素領域に対して錆の画素領域を検出できる独自手法を構築している。本点検方法によって、車載カメラにより沿道を撮影すれば設備種類を把握でき、さらに各設備における錆の発生有無を検査できる。

(2) 設備の識別手法と錆の検出手法

設備の識別手法は深層学習手法のセマンティックセグメンテーションを用いた。

錆の検出手法はアンサンブル学習型のセマンティックセグメンテーションを用いた。この理由は、車載カメラでの撮影画像は沿道を走行しながら一括で撮影を行うため、点検対象となる設備は様々な構図や照度条件で写る。このような画像から設備に発生した錆を高精

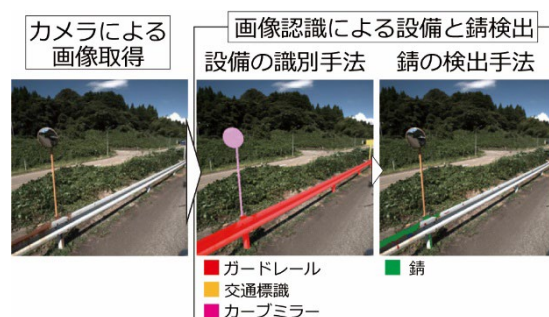


図-1 点検方法の全体構成

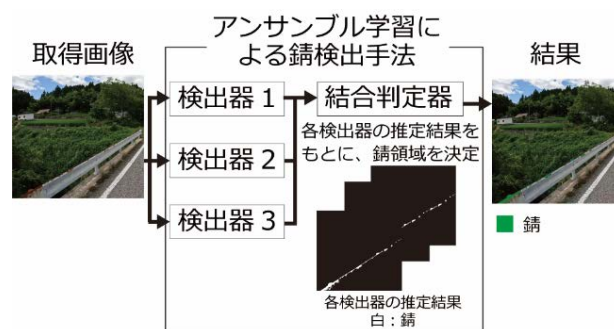


図-2 アンサンブル学習による錆検出手法の構造

度に検出するためにアンサンブル学習を用いた。図-2 に提案する錆検出手法の構造を示す。各検出器において錆領域の学習を行う際に異なった損失関数を用いている。損失関数は検出器の特徴を決定づけるパラメータであり、各検出器において変更することで、同一の学習画像データを用いても全く違う特徴を持つ検出器が構築できる。検出器 1 の損失関数には Binary Cross Entropy を用いた。この損失関数は機械学習の分類問題で代表的に用いられる関数であり、錆領域の検出率を向上させながら錆ではない領域の誤検出の抑制を行い、両者のバランスを取りながら学習を行う。検出器 2 の損失関数には AUC Maximization を用いた。この損失関数は、錆領域の検出率を向上できるが、錆ではない領域を錆として誤検出するケースが一定量発生する。検出器 3 の損失関数には Tversky Loss を用いた。この損失関数は、画像中の小さい錆領域に対して検出率を向上させることができる特徴がある。結合判定器は、3つの

キーワード：車載カメラ、画像認識、社会インフラ、点検、深層学習

〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 Tel:029-868-6250

表-1 各設備における設備と錆の検出結果

設備種 対象	ガードレール		防護柵		交通標識		カーブミラー	
	設備	錆	設備	錆	設備	錆	設備	錆
画像枚数	48	45	46	32	16	0	50	37
検出枚数	48	45	46	32	16	-	49	35
検出率(%)	100	100	100	94.1	100	-	98.0	94.6

検出器によって推定された錆領域の結果と正解の錆領域を用いて学習が行われた最終的な判定器である。

学習には、ガードレール・防護柵・交通標識・カーブミラーのいずれかもしくは複数の設備が写っている合計 16,653 枚の画像（うち、8,774 枚の画像には設備に錆あり）を用いた。

3. 実地検証

(1) 検証条件

撮影機材の構成は軽バンのルーフに市販の小型カメラ（GoPro）を設置した（図-3）。撮影方式は 4K 動画、走行ルートは広島県北広島町の幹線 1 級町道の 8 区間合計 23.9 km を往復走行した。

取得動画から目視で各設備が写っているフレームを静止画像として切り出し、さらに錆が確認できる画像を画像認識による点検手法の検証用データとした。検証用に用いる画像はガードレールが 48 画像、うち錆の発生は 45 画像、防護柵は 46 画像、うち錆の発生は 33 画像、交通標識は 16 画像、うち錆の発生が目視確認できる画像はなし、カーブミラーは 50 画像、うち錆の発生は 37 画像であった。検証のために取得画像に対して、設備領域にラベル情報を付与したデータ、錆領域にラベル情報を付与したデータを作成した。

評価指標は次のように定義する。設備の検出率は道路附属物が写っている画像枚数を分母、設備の識別手法により道路附属物を正しく検出した画像枚数を分子として計算した割合、錆の検出率は目視で錆の発生を確認した画像枚数を分母、画像認識 AI で錆を正しく検出した画像枚数を分子として計算した割合とする。

(2) 結果

検証結果を表-1、各設備における設備と錆の検出例を図-4 に示す。4 つの設備平均の検出率は 99.3%であった。錆の検出率は 97.4%であった。この結果から目視で設備と錆が確認できる画像から画像認識を用いて高い精度で設備と錆が検出できることがわかった。

これらの結果より、一般車両に市販のデジタルカメラを搭載し取得した画像から画像認識により錆の発生



図-3 撮影機材

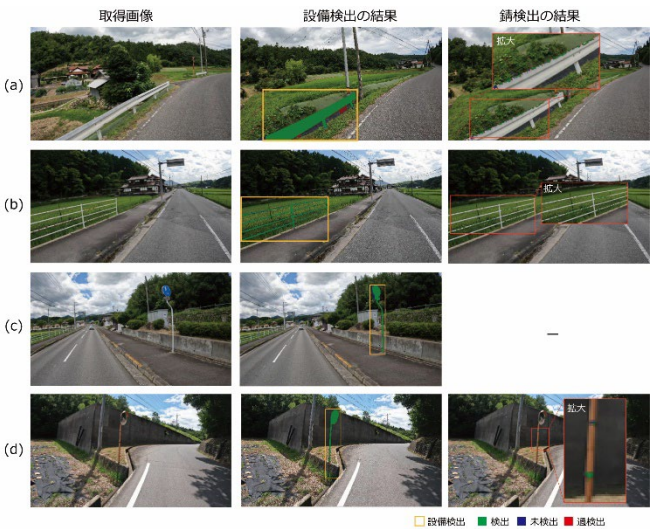


図-4 各設備の検出結果：(a) ガードレール、(b) 防護柵、(c) 交通標識、(d) カーブミラー

した設備を把握できることがわかった。実際の運用時には車載カメラで動画撮影を行うため、各設備に対して複数フレーム（静止画）を用いて設備と錆の検出を行えば限りなく錆の見落としを防げると考えられる。

4. おわりに

車載カメラと画像認識を用いて道路附属物の錆点検を実施する方法を構築し、実地検証を行った。一般車両に市販で購入できるカメラを設置した機材構成で画像を取得し、取得画像から高い精度で設備と錆を検出が可能であった。本方法を用いることで道路附属物の点検を効率化できる。

なお、実地検証は広島県北広島町様と NTT ビジネスソリューション株式会社様と共同で実施しました。北広島町様には車両の設備情報の提供・走行ルートの設定、NTT ビジネスソリューション様には車両走行による映像撮影にご協力頂き、感謝の意を表します。