

# 堤防点検・河川巡視の効率化に向けたAI技術活 用の取り組み

## -堤防天端舗装の変状に特化したAI技術の構築と精度評価-

札幌開発建設部 江別河川事務所 計画課 ○窪田 彩乃  
石井 克英  
株式会社 北開水工コンサルタント 札幌支店 大石 武史

江別河川事務所管内では、堤防本体や堤防天端利用者の安全性確保の観点から、延長約62kmの堤防天端舗装区間を対象に破損の有無を定期的に巡視、点検等で確認し、必要に応じて補修等を行っているが、これらの点検作業等には多くの時間を要しているのが現状である。本稿では、堤防天端舗装の点検等の効率化を図るために構築したAI技術による破損状況検出とその精度評価結果、今後の活用方法等について報告する。

キーワード：堤防点検、効率化、AI

### 1. 背景

江別河川事務所管内の堤防の多くは泥炭性軟弱地盤帯に整備されているため、堤防天端舗装には残留沈下等による縦断亀裂や、車両荷重・凍結融解等による亀甲状亀裂・ポットホール等の変状が少なからず発生し、石狩川及び夕張川では「予防保全段階（c評価）」の縦断亀裂も確認されている。管内では危機管理ハード対策の一環として堤防天端舗装を進めているが、今後も同様に変状の発生・進行が予想される。また、堤防天端舗装区間では、車両や自転車の通行等の利用も多く見られるため、点検や評価の際には、堤防に求められる治水上の機能維持の観点に加え、安全利用の観点からの評価も必要となるため、変状の発生や進行を迅速に発見し評価を行うことが重要となっている。



写真-1 堤防天端舗装の変状

### 2. 取組の概要

堤防点検の省力化を目的とし、カメラを搭載した車両で堤防天端を走行して撮影した映像から天端舗装に発生した変状の位置や規模を解析するAI技術を構築し、精度評価を行った。使用するカメラは、視点を変えることで周辺の状況を確認することのできる全天球カメラを使用することとし、検出の対象とする変状は、線状亀裂（縦断・横断）、亀甲状亀裂、ポットホールの3種を対象とした。また、変状規模は亀裂幅の計測とひび割れ率の算出を行うこととし、亀裂幅は画像解析により実測値を計測し、亀裂幅10mm未満、10mm以上20mm未満、20mm以上の3段階に分類し、ひび割れ率は解析画像の舗装面に占める変状による損傷割合を算出した。

石狩川左岸KP20.0～KP21.0、夕張川左岸KP7.0～KP8.0の延長2kmを検証区間として選定して撮影を行い、AIによる解析結果と現地計測結果との比較、解析結果画像の検証等により精度評価を行った。



図-1 調査範囲

### 3. AIによる変状検出方法と学習データ

AIによる検出対象は、縦断及び横断の線状亀裂、亀甲状亀裂、ポットホールの変状3種に、誤検出低減のための除外を目的としたシール剤の注入による補修済み亀裂、対空標示、枯草等の植生の3種を加えた計6種とした。



図-2 検出対象の変状



図-3 誤検出低減のための検出対象

検出方法には、AIによる画像認識で多く使われている「物体検出」「セグメンテーション」「画像分類」がある。いずれも画像上にある、学習させた物体に似た特徴を持つものの分類や検出を行う。

物体検出はある物体を囲む矩形範囲を検出する方法であり、セグメンテーションはある物体の領域を画素単位で検出する方法である。物体検出では複数の検出範囲が重なる場合があるが、セグメンテーションでは物体毎で領域を分けるので検出範囲は重ならない。

画像分類は物体が写った画像を種類毎で分類する方法である。変状検出には、亀裂幅を計測する際の容易性等を考慮し、変状（亀裂）領域の検出が可能な「セグメンテーション」を採用した。

それぞれの方法による検出結果の例を図-4に示す。

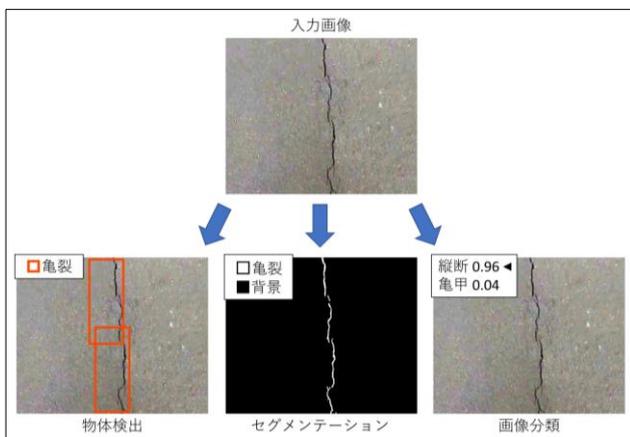


図-4 検出結果のイメージ

検出の対象とする物体は、複数の種類を設定することができるため、図-2と図-3の項目を全て学習させることで、解析時にこれらの項目を検出することができるAIを作成した。

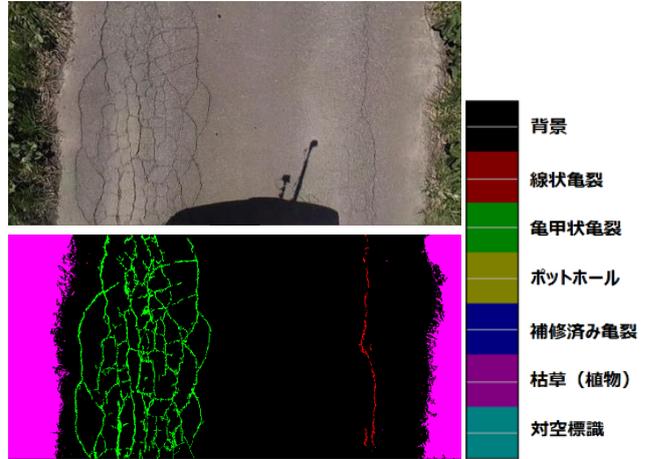


図-5 セグメンテーションの学習データ例

セグメンテーションによるAIで必要となる学習データは、図-5に示す解析を行う画像（上）と検出対象を色分けしたマスク画像（下）である。

なお、学習データ例のマスク画像は、対象毎の領域を説明するために着色したカラー画像を示しているが、実際の学習で使用するマスク画像は、対象毎に階調を変えたグレースケール画像である。

学習データは表-1に示す条件を設定し、車載カメラで撮影した映像から抽出した画像に、検出対象毎の画像数を概ね均等にするために色相変換、季節変換等の画像処理を施して増量した画像を加えた合計1,567枚とした。

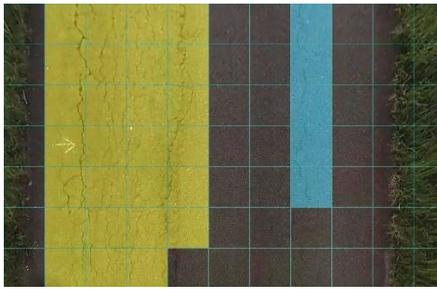
表-1 撮影条件

項目	内容
植生の状況	法肩付近の植生繁茂状況の異なる映像を収集
撮影時間帯	陰影差を考慮し、午前・午後の太陽高度が異なる時間帯の映像を収集
路面の状態	乾燥・湿潤等、路面状況の異なる映像を収集

### 4. AI技術の精度評価

#### (1) 変状の検出・分類精度

変状検出率、誤検出率、線状亀裂と亀甲状亀裂の分類精度及び、ひび割れ率の算出精度の検証は解析結果画像を撮影条件毎に50サンプル程度抽出し、目視で検出枠を確認して枠数を整理することにより行った。



水色：線状亀裂  
黄色：亀甲状亀裂

図-6 解析結果画像例

精度検証結果を表-2に示す。学習データには、様々な条件の下で撮影した映像から抽出した画像を用いたことで、検証では太陽高度の違いによる陰影差や植生繁茂状況の違いによる精度への影響は確認されなかった。

表-2 変状検出・分類及びひび割れ率算出精度

調査区間		石狩川左岸	夕張川左岸	全区間
検出率		95.6%	97.6%	96.4%
誤検出率		3.4%	1.6%	2.7%
分類精度	線状亀裂	94.9%	83.6%	90.9%
	亀甲状亀裂	100.0%	93.5%	94.3%
ひび割れ率算出誤差		4.0%	2.5%	3.4%

## (2) ポットホールの検出・認識精度

ポットホールの検出及び形状（領域）の認識精度に対する検証は、ポットホールとして検出した解析結果画像と元の画像を目視で確認することにより行った。

精度検証結果を表-3に示す。実在する7箇所ポットホールのうち4箇所を検出したが、映像に映り込んだカメラによる誤検出も見られた。

また、ポットホール内の表層片や砂利による誤検出や領域の分断が発生し、正しくポットホールを検出できない、輪郭抽出を行うことができないといったケースが多く見られたため、現状では、ポットホールの正確な規模計測は困難であると考えられる。



図-7 ポットホールの検出例

表-3 ポットホール検出精度

検出率		57%
誤検出率		33%
ポットホールの領域認識率	解析結果 1	100%
	解析結果 2	0%
	解析結果 3	3%
	解析結果 4	25%
	解析結果 5	0%
	解析結果 6	50%
	解析結果 7	0%
1～7平均		25%

## (3) 亀裂幅の計測精度

構築したAI技術の亀裂幅計測機能は、計測結果から得られた幅に応じて3段階のレベルに分類する仕様となっているが、精度検証では、分類したレベルの妥当性の検証に加え、亀裂幅20mm以上を示すLv3に分類された箇所を対象とした計測値の精度についても検証を行った。

### a) 亀裂幅によるレベル分類

亀裂幅10mm未満をLv1、10mm以上20mm未満をLv2、20mm以上をLv3として計測・分類した結果に対する精度検証は、調査区間毎に解析結果画像を100サンプル抽出し、合計300枚（438箇所）を対象に現地計測を行い、分類結果と実測値との比較により行った。

レベル分類の精度検証の結果、全体の正答率は約84%だった。

表-4 レベル別亀裂幅計測精度

	Lv1	Lv2	Lv3	合計
検証数	48	136	254	438
正答数	41	123	203	367
正答率	85.4%	90.4%	79.9%	83.8%

### b) 亀裂幅の計測値

過年度の調査結果から、管内で確認している堤防天端舗装の線状亀裂は、幅が20mm以上の場合、その深さは従来方法による堤防点検において、「予防保全段階」と評価される閾値（8cm以上23cm未満）に達しているケースが多く、また、天端舗装区間では自転車の通行が多く見られることから、安全利用の観点からも注意が必要となるため、亀裂幅が20mm以上でLv3に分類された254箇所を対象に、計測値と現地計測によって得た実測値との比較による精度検証を行った。

表-5に検証結果、図-8に計測誤差の分布を示す。計測値と実測値との誤差の平均は4.2mmで、誤差±5mm以内の割合が約72%であることを確認した。

一方、実測値が45mm以上の箇所では誤差が20mmを超

える過小計測（実測値より小さく計測）が確認された。  
 過小計測の原因は、亀裂内に残る表層片や砂利の影響による誤検出や領域分断により亀裂の輪郭抽出が正しく行われなかったためである。

表-5 亀裂幅計測精度

誤差最小値 (mm)	0.0	
誤差最大値 (mm)	54.6	
誤差平均値 (mm)	4.2	
Lv3箇所数	254	
誤差±5mm件数	184	
誤差±5mm割合 (%)	72.4	
過小計測 (件数)	5~10mm	10
	10~20mm	7
	20mm以上	11
過大計測 (件数)	5~10mm	31
	10~20mm	11
	20mm以上	0

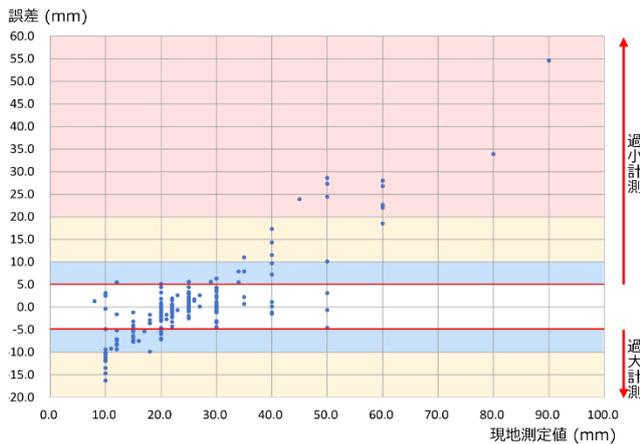


図-8 計測誤差の分布

## 5. 従来方法との工数比較（堤防点検）

現在、堤防点検は徒歩で点検を行い、亀裂等の変状を発見した際には、位置（KP）の特定及び規模の計測を行っているが、構築したAI技術により計測を要する変状の抽出を行うスクリーニングに活用した場合、徒歩による変状探しは車両走行による撮影に置き換わり、位置と亀裂幅は解析結果から得られるため、現地での計測は深さのみとなることから、計測を要する変状が5箇所存在する堤防天端の2km区間を想定した場合、AI技術を併用した堤防点検では、従来方法と比べて約4割の工数削減が期待できるという試算結果が得られた。

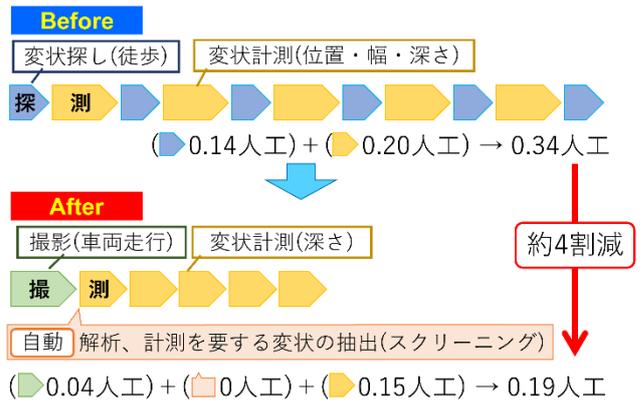


図-9 運用イメージと工数比較

## 6. 課題

ポットホールは検出率約57%、誤検出率約33%、領域認識率約25%と、実用レベルの精度確保には至らなかった。主な原因は、ポットホール内の表層片や砂利による誤検出や領域の分断によるものだが、従来方法による目視点検でも判断が難しいと考えられるケースも見られた。

亀裂幅の計測では、規模に応じて3段階のレベルに分類する機能については約84%の精度を確認したが、Lv3に分類された254箇所を対象とした現地で計測した実測値との比較による検証では、20mmを超える過小計測（実際の幅より小さく計測）を11箇所で確認した。

過小計測の原因は、亀裂内の表層片や砂利による誤検出である。

## 7. 今後の展開

検証の結果、構築したAI技術の精度は、変状検出率が約96%、誤検出率が約3%、ひび割れ率の算出誤差が約3%、亀裂の幅を3段階のレベルに分類する計測機能の正答率が約84%、亀裂幅計測誤差±5mm以内の割合が約72%であったことから、概ね実用可能な精度を確保していると考えられる。

今後は、亀裂幅の計測で発生する過小計測の低減に向けた亀裂内の表層片や砂利を分類するための手法の検討や、表層剥離の検出等によりポットホールを未然に検出する等、仕様の見直しを行い、システムに反映させるとともに、AI技術の運用案を策定して試行運用による実地検証を重ね、堤防天端舗装の変状に特化したAI技術の実用化に繋げることで堤防点検に係る工数の削減を図りたい。