

人工知能を用いた舗装診断技術による舗装マネジメントの効率化

福田道路株式会社 技術研究所 課長代理 畑山 良二

1 はじめに

道路の走行性や快適性の向上、およびその継続性といった社会的要請を受け、平成 28 年 10 月、国土交通省により「舗装点検要領」が定められた。舗装の長寿命化やライフサイクルコストの削減といった効率的な舗装修繕において、必要となる情報を合理的に収集することが求められている。

これまで舗装点検に用いられてきた路面性状測定車は、精度の高い診断結果が得られる一方で、高額な機材を運用するためのコストと解析に要する時間の確保が課題となっている。より簡易な手法として、車上あるいは徒歩による目視点検があるが、これには舗装調査および診断に対する十分な知識と経験を有する熟練技術者の確保が必要となってくる。

ここで、点検の迅速性・客観性を目的として人工知能（以下、AI）の利用に着目、路面の「わだち掘れ」および「ひび割れ」度合いの解析と診断を自動化することで、比較的安価で省力的な手法である舗装損傷診断システム（以下、本システム）を開発した。

2 舗装損傷診断システムの概要

本システムの構成は、「点検」「診断」「記録」の3段階に大別される（図-1）。

まず、市販のビデオカメラを車両に取り付け、対象となる道路を走行しながら路面状況を撮影する（点検）。次に、路面の動画データをシステムに読み込ませると、AI が路面の損傷レベルを順次判定していく（診断）。診断結果は撮影日時毎に保存され、地図ソフト

トが組み込まれた専用ビューアを用いて測定場所を地図上に、撮影当時の路面状態を動画で再現することができる（記録）。また撮影と同時にスマートフォンによるアプリで「IRI」の計測を行った場合には、「わだち掘れ」「ひび割れ」の AI による診断結果とともに、地図上に同期させ、確認することができる。

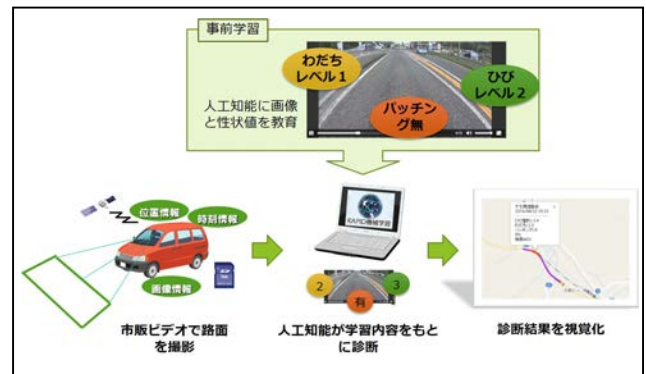


図-1 舗装診断システムの概要

2. 1 点検

点検は、市販のビデオカメラを車両に取り付けて行う。録画の操作の後、対象路線を走行しながら路面を撮影する。ビデオカメラには GPS 機能が付帯しており、撮影した動画の位置情報が得られる。位置情報は専用ビューアによる閲覧の際に利用される。

撮影時の条件は、①カメラを所要の位置と角度に設定する。②夜間や湿潤路面ではわだち掘れやひび割れが明確に判断できないことから、昼間、乾燥した路面で行う。③他の走行車両の影響を考慮して、点検車が走行する車線毎に、70km/h 以下の速度で撮影を行うことである。

2. 2 診断

本システムの AI 技術は、NEC のディープラーニング（深層学習）技術を搭載した「NEC Advanced Analytics-RAPID 機械学習」を活用したものである。車上からの目視点検と同様にわだち掘れやひび割れの程度を AI が画像の「見た目」で判断する。診断は、撮影した動画から 2m ピッチで切り出した静止画を用いる。結果は mm 単位のわだち掘れ量や、百分率表記のひび割れ率では出力せず、「舗装点検要領」における大・中・小の損傷レベルを参考に設定した区分を用いる（表-1）。また、本システムでは同じ動画を用いてわだちとひび割れの診断を同時に行うことができる。

表-1 損傷レベルの区分

わだち掘れ(mm) ひび割れ(%)	わだちレベル ひびレベル	診断 区分
0～10	1	I
10～20	2	
20～30	3	II
30～40	4	
40～50	5	III
50～	6	

2. 2. 1 わだち掘れ

わだち掘れの診断は、切り出した静止画から路肩等を除去した画像を用いる。AI は深層学習した各損傷レベルの画像と、点検対象の路面の画像とを比較し、左わだち右わだちを別々に判定する。わだちレベル判定のイメージを図-2 に示す。左右の大きい方をその地点のわだちレベルとし、路線の評価には、100m を 1 区間として地点のわだちレベルの

平均をとった区間のわだちレベルを用いる。



図-2 わだちレベル判定のイメージ

2. 2. 2 ひび割れ

ひびレベルは、AI に検出させたひび割れ箇所の面積が車線に占める割合によって表す。AI は、ひび割れが有る場合と無い場合の画像の深層学習により、画像中のひび割れ箇所を検出する能力を持っている。一方、画面で確認できないひび割れは、検出の対象外となる。ひびレベル判定のイメージを図-3 に示す。ひび割れ箇所の面積は、図中の黄枠で示される定型の四角形で囲んだ部分を 1 単位として、その面積の合計で表される。なお、重複する部分はシステムの内部で控除される。路線の評価には、わだち掘れ同様に算出された区間のひびレベルを用いる。

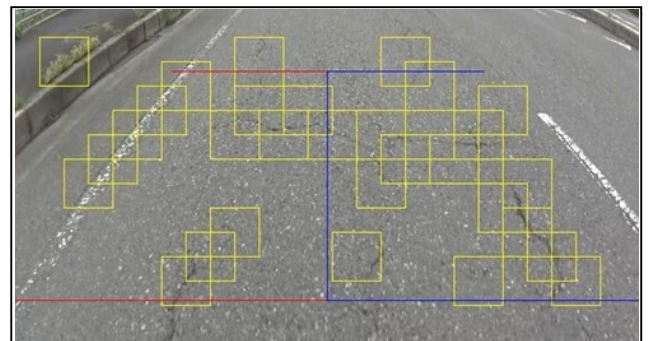


図-3 ひびレベル判定のイメージ

2. 3 記録

撮影した動画、および診断結果を記録し、

舗装マネジメントに活用するために高い利便性が期待されるツールとして専用ビューアを用意した。これは、「地図画面上で表示範囲内にある各路線の診断結果を俯瞰する機能」と「動画毎に診断結果を管理・閲覧する機能」との2つに大別される。

図-4 に地図画面の一例を示す。この地図の路線上には、診断結果が損傷レベル毎に色分けされて表示される。

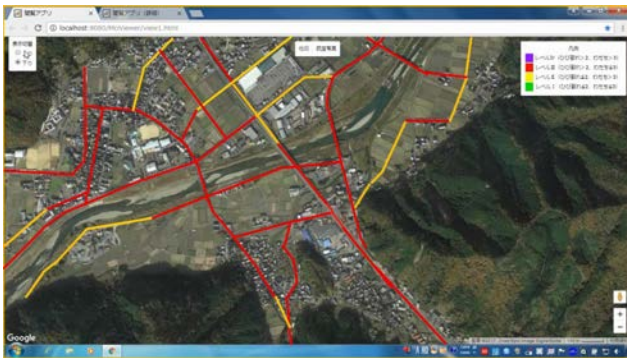


図-4 地図画面

図-5 に診断結果の管理・閲覧画面（詳細）の一例を示す。画面の左上にはシステムに記録された動画データの一覧が撮影開始日時毎に表示されている。撮影日時を選択すると、画面左下のウィンドウにおいて動画が再生され、撮影当時の路面状況がパソコン上で確認できる。また、診断したわだち、ひびわれの各損傷レベルは、動画と連動して画面右下にグラフ表示される。加えて、点検走行時に GPS 情報を有するスマートフォンのアプリ等で IRI の計測を行った場合には、グラフ上に併せて表示できる。画面右上の地図ウィンドウでは、選択した動画に対応した道路の路面状況が、損傷レベルに応じて色分けされて表示される。

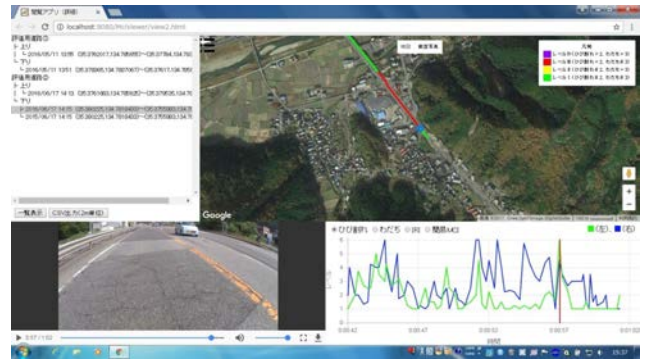


図-5 診断結果の管理・閲覧画面

一方、診断結果は位置情報と損傷レベルの関係を羅列した CSV ファイルによっても出力することができる。ここでは GPS による緯度・経度、左右のひびレベルおよびわだちレベル等が 2m 毎に表示され、舗装点検要領に示されている舗装点検記録様式 (A) 等、既存の帳票への入力データとしての利用も可能である。

3 従来技術との比較

本システムの診断結果の妥当性について、統計学的手法の一つ、一致率 (κ 係数) を用いて検証した。

一致率は、ある 2 人の観察者の診断結果が一致する度合いを評価する指標であり、図-6 のように表される。一般に 0.6 以上であれば、2 者間の一致度が十分に高いと判断される。

ある路線において、本システムと目視観察による結果とを比較したところ、わだち掘れの一致率は 0.87、ひび割れの一致率は 0.73 であった。いずれも 0.6 以上であることから、AI の診断と目視観察による診断の一致度は、わだちレベル、ひびレベル共に十分高いと判断される。

$$\text{一致率} = \frac{\text{全一致率} - \text{偶然による一致率}}{1 - \text{偶然による一致率}}$$

図-6 一致率

4 本システムの特長

本システムは、簡易で高い汎用性を有し、AI のディープラーニング技術を用いた客観的な舗装診断記録を、地図ソフトと動画によって視覚的に活用することができる。本システムの特長を表-2 に示す。

表-2 システムの特長

項目	特 長
点検	資機材の汎用性
	交通規制が不要
診断	1 回でわだちとひび割れを点検
	自動かつ一定基準の路面診断
記録	広範囲の路面状況を一目で確認
	動画で路面状況を再現

点検では、カメラを操作した後、車両を運転するだけで特別な技量を要求されないことから、資機材および人員の確保が容易であり、複数のユニットによる広範囲の同時撮影等、効率的な運用が可能である。また、減速や停止は動画の精度に影響がないため、交通規制が不要である。

診断においては、「わだち掘れ」と「ひび割れ」の両方を 1 回の撮影で診断できる。1 人の技術者による目視点検では、1 回の走行で両方の診断は困難である。また、AI に指示をした後は自動で診断が進行するため、熟練技術者は不要であり、診断基準は一定に保たれる。目視による診断ではその基準に個人差があるうえに、同じ診断者においても誤差

が生じやすい。ただし、AI に追加学習を施した場合は基準が変化する。

専用ビューアにより、地図で表示される範囲にある、診断済みの全路線の損傷度合いが確認できる。加えて、撮影当時の路面状況がパソコン上で再現されるため、段階的な修繕計画の立案等への利用が期待できる。

5 まとめ

少子高齢化社会が加速する将来、就労人口減少に伴う技術者不足や道路管理コストの縮減が予想される。我が国の道路ネットワークの安全性・快適性を継続するためには、より効率的な道路資産の運用が課題となるだろう。

本システムにより、従来、路面性状測定車を用いて、あるいは熟練技術者が車上もしくは徒歩により目視で行っていた舗装点検の効率化・自動化が進み、道路管理コストの削減、ならびに管理者負担軽減の一助となれば幸いである。