

# 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) 技術研究所 ○清水 忠昭  
小柳 佳範  
田口 仁

## 1. はじめに

平成 28 年 10 月に国土交通省により「舗装点検要領」が定められ、今後は、舗装の長寿命化・ライフサイクルコストの削減などの効率的な修繕の実施に向け、現地の舗装を適切に点検・診断し、必要な措置を的確に実施することがより一層求められることとなる。

これまで、路面点検に使用さ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、一般的に手間とコストが掛かることが課題となっている。これに対し「舗装点検要領」では、日常的な巡視の機会等を通じた車上あるいは徒歩による目視も点検手法の一つとして位置づけており、膨大なストック量の舗装に対し、より安価で効率的な点検が求められているものといえる。ただし、車上あるいは徒歩による目視では、舗装の目視診断に対する知識と経験が豊富な熟練技術者がの確保が必要となる。

そこで我々は、より安価で効率的な点検手法として車上からの目視点検に着目し、その診断を人工知能（以下、AI）により自動化・効率化して、人員確保と費用負担の課題を解決することのできる、舗装損傷診断システム（以下、本システム）について検討した。

## 2. 舗装損傷診断システムの概要

本システムは、路面の動画撮影による「点検」、AI による損傷度合いの「診断」、診断結果の「記録」により構成される。(図-1) 本システムの開発に当たっては、これから舗装の点検計画を立案する管理者でも導入しやすいよう、汎用性を重視している。

### 2-1 点検

「点検」の手法としては、市販のビデオカメラを巡視車両等に取り付け、走行しながら路面の動画を撮影する方法とした。市

販の機材とすることにより、膨大なストック量の舗装の「点検」に対して、対応可能な数の機材を揃えることが容易となる。ビデオカメラは GPS 機能付きのものとし、撮影した動画の位置情報が得られるものとする。

動画の撮影条件は、基本となる車上からの目視点検を行う際の条件を踏まえ、日中、乾燥路面とした。また、撮影は 1 車線毎に行い、車両の走行速度は 70km/h 以下とした。撮影中に減速や停止をしても動画への影響はないため、撮影時の交通規制は不要である。

本システムの「点検」は、熟練技術者を必要としないため点検要員を確保しやすく、さらに市販の機材を用いることから、高い汎用性を有している。

### 2-2 診断

本システムでは、「舗装点検要領」で「点検」の指標として挙げられている「わだち掘れ」「ひび割れ」

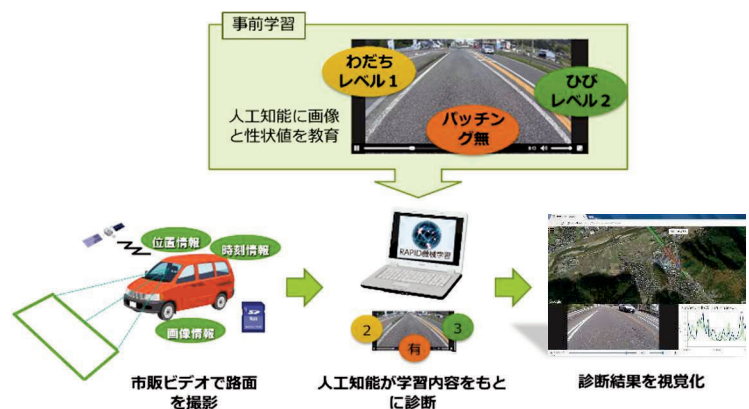


図-1 舗装損傷診断システムの概要

「IRI」のうち、スマートフォンによる簡便なシステムが実用化されている IRI を除いた「わだち掘れ」「ひび割れ」について AI による「診断」を行う。すなわち、AI は「点検」において撮影した路面の動画から「わだち掘れ」「ひび割れ」に関する損傷度合いを「診断」するものである。

本システムにおける「診断」は、図-1 に示すように、AI に「診断」の手本となるデータを事前に「学習」させるところから始まり、この学習データに基づいて AI が「診断」を行うものである。なお、わだち掘れとひび割れでは「学習」、「診断」の手法が異なるため、以下に詳述する。

### 2-2-1 わだち掘れ

AI によるわだち掘れの「学習」、「診断」方法は次のとおりである。

#### (1) 学習

まず、わだち掘れ量が既知の路線について、路面の動画を撮影し、撮影した動画から静止画を切り出す。次に、わだち掘れ量を 10mm 刻みのわだちレベルに変換する。切り出した静止画とわだちレベルを関連付け、AI に繰り返し「学習」させる（ディープラーニング）。なお、左わだちと右わだちは別々に「診断」させるため、別々に「学習」させている。

#### (2) 診断

「診断」したい動画から切り出した静止画について、AI は「学習」したわだちレベルごとのデータと照らし合わせ、概ね 20mm 刻みの診断区分により「診断」する。

留意すべきは、本システムの「診断」では、わだち掘れ量やひび割れ率を診断しているのではなく、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 が画像の見た目から「診断」していることである。したがって、「診断」の結果は mm 単位のわだち掘れ量や%によるひび割れ率ではなく、「舗装点検要領」における損傷レベル（大中小）を参考にして設定した、概ね 20mm 刻みまたは 20% 刻みの診断区分（1～3）を採用している。各指標の関係性を表-1 に示す。

表-1 「わだち掘れ」「ひび割れ」の学習・診断における各指標の関係性

指標	分類					
	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~
わだち掘れ量 (mm)	1	2	3	4	5	6
ひび割れ率 (%)						
わだちレベル(学習用)	1	2	3	4	5	6
(ひびレベル)						
診断区分	1		2		3	

### 2-2-2 ひび割れ

AI によるひび割れの「学習」、「診断」方法は次のとおりである。

#### (1) 学習

まず、わだち掘れと同様に撮影した動画から静止画を切り出した後、画像の舗装部分を細分化する。次に、細分化した小さな画像 1 枚 1 枚をひび有りとしひび無しの 2 グループに分け、それぞれを AI に繰り返し「学習」させる（ディープラーニング）。

#### (2) 診断

「診断」したい動画から切り出した静止画について、AI は、「学習」したひび有りとしひび無しとのデータと照らし合わせ、ひび有りの箇所を検出する。図-2 はひび有り箇所の検出イメージであり、黄色い枠がひび有りの箇所である。次に、ひび有りの箇所が車線内に占める割合を計算し、概ね 20%刻みの診

断区分により「診断」する。

### 2-2-3 AIによる診断のメリット

撮影した動画をAIで「診断」することの利点としては次の3つが挙げられる。

1つ目は、1回の撮影で「わだち掘れ」と「ひび割れ」の両方を診断することができる点である。人が目視で行う場合、1回の走行で「わだち掘れ」と「ひび割れ」の両方を診断するのは困難である。

2つ目は、AIにより自動で診断することができる点である。「診断」のための熟練技術者は不要であり、1日分の動画であれば概ね一晩で「診断」可能である。

3つ目は、「診断」基準が一定である。目視による診断は人によって診断基準が異なり、同じ診断者でも誤差が生じやすいが、AIの「診断」基準は追加学習をしない限り一定である。

なお、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。

### 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専用のビューアを開発した。専用ビューアでは、①動画ごとに「診断」結果を管理・閲覧する機能、②すべての路線のデータを1つの地図上に表示する機能の大きく分けて2つの機能がある。

図-3は「診断」結果の管理・閲覧画面である。専用ビューアでは、撮影した動画が路線ごとに撮影日時で「記録」されており（図-3左上）、撮影日時を選択することで、動画が閲覧できる（図-3左下）。また、「診断」結果がグラフによって示され（図-3右下）、区間の損傷度合いにより地図上の路線が色分けされる（図-3上）。ビデオカメラのGPS情報を利用することで、動画と連動して地図上の青丸および「診断」結果のグラフ上の赤線により現在の走行位置が確認できる。さらに、「点検」時、動画の撮影と同時にスマートフォンアプリで計測したIRIもGPS情報により同期させ、表示することができる。

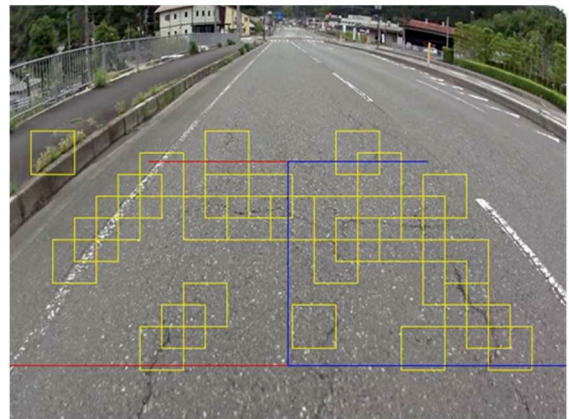


図-2 ひび有り箇所の検出（イメージ）

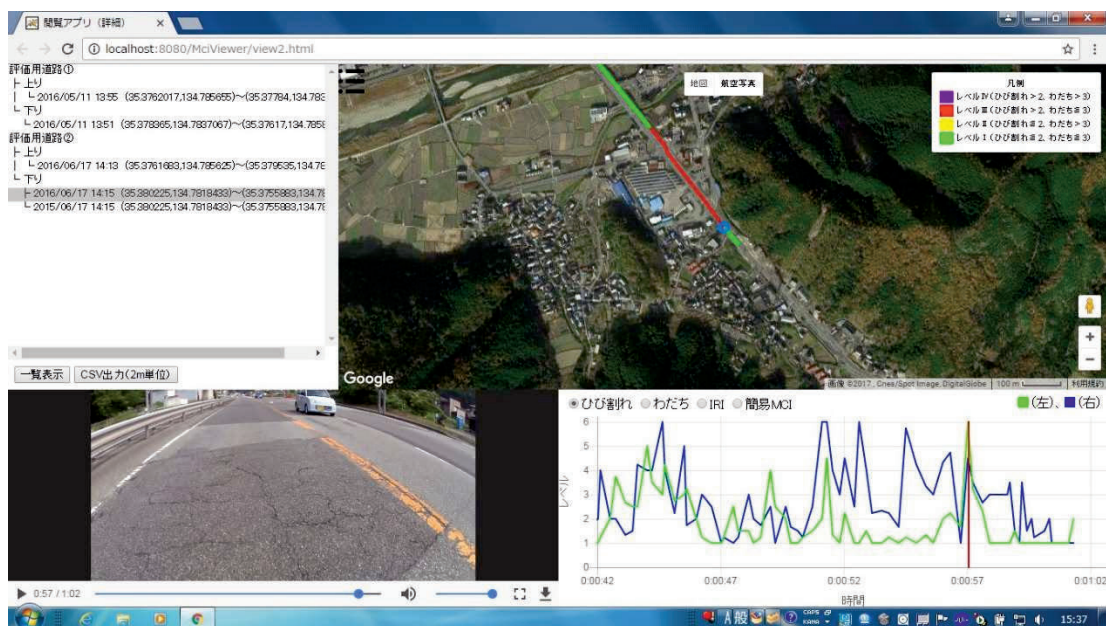


図-3 診断結果の管理・閲覧画面（専用ビューア）

以前のように調査結果が帳票のみの場合、調査結果と実際の現場との関連付けは非常に困難であるため、実際は調査結果を手で現地を確認しなければならなかった。これに対し本システムでは、動画と地図による場所の特定、路線の色分けとグラフによる「診断」結果の確認ができるため、現地に行かずに、いつでも路面の状況を確認できる。

さらに専用ビューアでは、一つの地図上で「診断」済みの全路線を色分けし、表示することができる。この地図は、「診断」を行った全路線の損傷度合いを一度に確認することができるため、修繕範囲の計画立案などに非常に有効である。

なお、「診断」結果については、既存の道路管理システムへの転用を想定し、GPS 情報と併せて csv ファイルで提供することもでき、専用ビューアがなくとも「診断」結果を活用することができる。

### 3. 舗装損傷診断システムの評価

AI による「診断」結果の妥当性を検証するために一致率（ $\kappa$  係数）を用いて、AI による「診断」と車上からの目視点検の診断結果の一致度を判定する。一致率は、ある現象を 2 人の診断者が診断した場合の結果がどの程度一致しているかを表す統計量であり、式-1 により求めることができる。0 から 1 までの値をとり、一般に 0.6 以上であれば 2 つの診断間の一致度が十分高いと判断される<sup>1)</sup>。

$$\text{一致率} = \frac{\text{診断者の全一致率} - \text{偶然による一致率}}{1 - \text{偶然による一致率}} \quad (\text{式-1})$$

統計処理の結果、わだち掘れの一致率は 0.87、ひび割れの一致率は 0.73 であり、いずれも 0.6 以上であったことから、AI による「診断」と車上からの目視点検の一致度は十分高いと判断できる。

### 4. まとめ

人工知能のディープラーニング技術を活用し、市販のビデオカメラを取り付けた巡視車両等から路面の画像を撮影することで、路面の「わだち掘れ」と「ひび割れ」を同時に診断可能な舗装損傷診断システムを開発した。従来の車上あるいは徒歩による目視と比較した場合のメリットを以下にまとめる。

- 「点検」時に交通規制が必要ない。
- 「点検」の人員、機材を調達しやすいため、汎用性が高い。
- 1 回の撮影で「わだち掘れ」と「ひび割れ」の両方を「診断」することができる
- AI により自動で「診断」ができ、「診断」基準は一定である。
- 動画によりいつでも現地の状況を確認できる。

このように、本システムは、従来の車上あるいは徒歩による目視における「点検」「診断」「記録」を自動化・効率化し、人員確保と費用負担の課題を解決することができる。また、スマートフォンアプリを併用することで、「わだち掘れ」「ひび割れ」「IRI」を網羅することが可能である。これにより、詳細調査する区間のスクリーニングや、5 年ごとの定期点検の合間の補間といった使い方も期待できることから、本システムがコスト削減ならびに管理者の負担軽減の一助となれば幸いである。

### 参考 URL

1) Clinical Journal Club 12.  $\kappa$  係数による一致度の評価

< <http://www.med.osaka-u.ac.jp/pub/kid/clinicaljournalclub12.html> > (参照 2018-3-2)