

# MMSを用いた舗装の予防保全的維持管理

## MMSの点群データから舗装路面のひび割れ進行度を推定する方法

キーワード 予防保全, MMS, 点群データ, ひび割れ, 路面水

事業戦略部 佐野 実可子  
社会インフラマネジメント事業部 松井 普・森岡 亨・小松 大誠  
株式会社アドテック 小野寺 晃 株式会社未来共創研究所 大友 正晴

### はじめに

わが国では舗装ストックの老朽化が日々進行していますが、維持管理や修繕に関わる予算が不足しているため、舗装の劣化が進行しています。特に積雪寒冷地である北海道では、路面に生じているひび割れなどから水がアスファルト混合物層に浸入し、凍結と融解を繰り返すことによって、融雪期にポットホール（以下、PH）が多く発生・拡大します<sup>1)</sup>。これにより、道路利用者からの苦情件数やPHが原因で生じた車両損傷に対する国家賠償請求件数が増加しています。

道路管理者は道路巡回によってPHを発見し、補修をしていますが、これは対症的な措置であるため、費用・労力・時間面で大きな負担があります。ひび割れはPHの主な原

因であることから、ひび割れが進行する危険性が高い箇所を「事前」に把握して措置ができるれば、PHの予防につながります。

そこで、車載型レーザ計測システム（以下、MMS）で計測された路面の点群データから局所的凹型変状と路面水の流れ（累積流量<sup>※1</sup>）を求め、これらを重ね合わせることで、PHの主な原因である路面のひび割れの進行度合い（ひび割れ進行度）を推定する方法を考案しました。また、この手法を現行のひび割れ率による舗装の評価に加えて、舗装の予防保全的維持管理法として試行しました。

### 調査の概要

釧路市の国道240号のKp0.0～5.9、およびこれに接続する国道38号のKp285.4～285.5（合計延長6.0km）において、2021年7月（冬期前）および2022年4月（冬期後）にMMS計測を実施しました。また、山形県の国道113号（以下、R113）下りのKp75.4～85.0において、2022年11月に路面性状調査を実施しました。

機材として三菱電機（株）社製のMMSを使用し、三次元レーザスキャナ（Z+F Profiler9012：レーザ照射1MHz、スキャンレート200Hz）で取得した点群データと、路面撮影用ラインカメラで取得した路面画像、および路面性状調査で得られたひび割れ率を以後の分析に用いました。

### ひび割れ進行度の算出

MMSによって計測された路面の点群データからひび割れ進行度を図1に示すような処理方法で推定しました。

ステップ1では、点群データに対して、路面の縦横断勾配の影響を除去する水平化処理、わだち掘れ除去、ノイズ除去などの前処理を行った後、路面標高値の歪度を算出します。図2に示すように、PHが無い箇所の標高値は正規分布に近く、歪度は0に近い値であるのに対して、PHがある箇所は標高値が低い範囲に分布し、歪度はマイナスの値

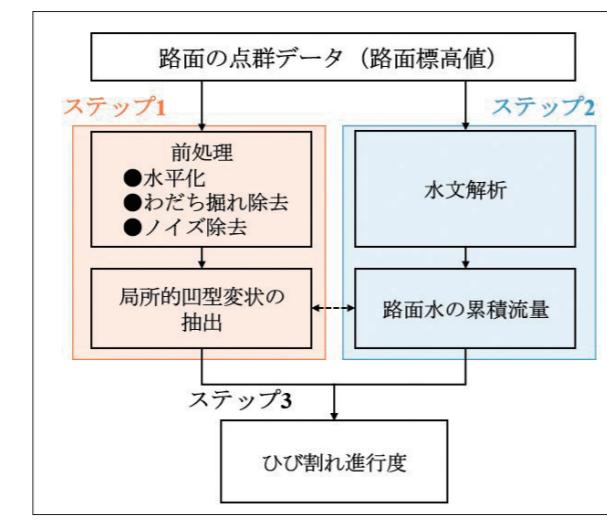


図1 ひび割れ進行度の算出過程

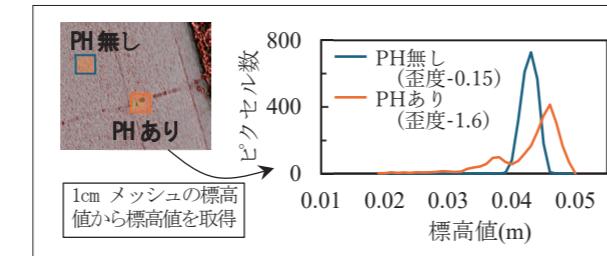


図2 標高値の分布

となります。これより、歪度が-0.4以下（目視判読したPHすべてを抽出できた値）となる箇所を局所的凹型変状として抽出します。

ステップ2では路面水の流れを分析するため、MMSで計測された路面標高値からArcGISの水文解析を用いて累積流量を算出します。冬期前後の路面画像からPHを目視で抽出し、冬期後に面積が拡大したPHおよび変わらなかつたPHにおける累積流量（3階級に分類）を比較したところ、累積流量が大きいほどPH面積が拡大することが分かりました（図3）。

ステップ3では、ステップ1で抽出した局所的凹型変状とステップ2で算出した累積流量とPHの関係から、式（1）を用いてひび割れ進行度を求めます。

$$\text{ひび割れ進行度} = \frac{R1 \times \alpha_1 + R2 \times \alpha_2 + R3 \times \alpha_3}{\text{全体のセル数}} \quad (1)$$

ここで、抽出された局所的凹型変状の内、

R1: 累積流量30未満（W1）のセル数

R2: 累積流量30以上100未満（W2）のセル数

R3: 累積流量100以上（W3）のセル数

$\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ は累積流量に対応した重みであり、図3に示した、進行したPHの累積流量の内訳から $\alpha_1=1.8$ 、 $\alpha_2=3.9$ 、 $\alpha_3=4.2$ と定義しました。進行度の値から、ひび割れが進行しやすい区間の推定ができます。

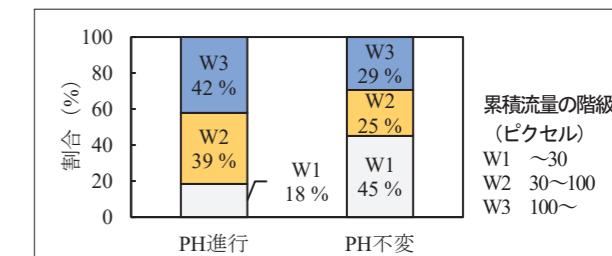


図3 PH進行度と累積流量の関係

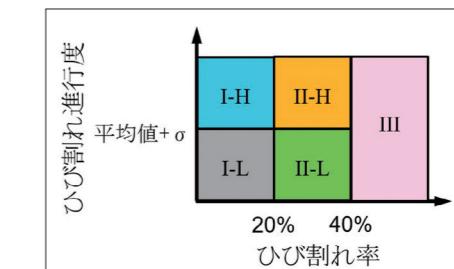


図4 ひび割れ進行度とひび割れ長さ増分量の関係

### ひび割れ進行度を用いた予防保全型維持管理

前述したひび割れ進行度と従来のひび割れ率を組み合わせた評価手法を考案し、損傷が大きくなる前に措置を講じる予防保全型の維持管理を試行しました。ひび割れ率は舗装点検要領（国土交通省）に準じて診断区分I、II、IIIの3つ、ひび割れ進行度は「低（L）」「高（H）」の2つ、あわせてI-L、I-H、II-L、II-H、IIIの5つに分類しました（図4）。

R113におけるひび割れ率とひび割れ進行度を図5に示します。なお、HとLの境界値は調査路線の「ひび割れ進行度の平均値+ $\sigma$ 」である1.04と仮定しました。I-H、II-H区間は、診断区分が同じであっても、水の影響による変状の進行が早いと推定できます。また、区分IIIの修繕に当たり予算に制限がある場合、ひび割れ進行度を用いることによって優先度の高い区間（III-H）を選定することが可能です。

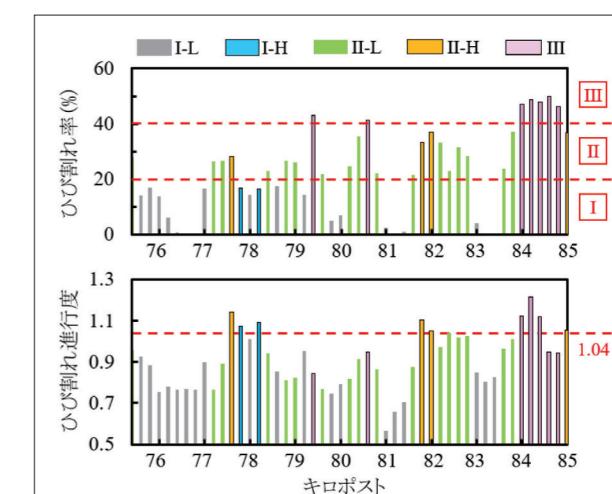


図5 ひび割れ率とひび割れ進行度

### おわりに

PHの原因はひび割れであることから、本手法を用いることでPHが発生する危険性が高い箇所を事前に把握して措置を講じることができます。今後は本手法をさまざまな地域の路線に適用し、局所的凹型変状の抽出に用いる閾値やひび割れ進行度の境界値などについて検討を行う予定です。

本研究の実施にあたり、北海道開発局および東北地方整備局にはフィールドをご提供いただきました。また、関東地方整備局、国土技術政策総合研究所および土木研究所からはご助言をいただきました。北海道科学大学 亀山教授・中村准教授および大陸建設株式会社・株式会社未来共創研究所・株式会社アドテックの関係各位には、多大なるご指導・ご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

※1 累積流量とは、着目するメッシュに合計何個のメッシュから水が流入するのかを表した指標です。

1) 丸山記美雄、安倍隆二、熊谷政行：融雪期の舗装損傷発生条件に関する一検討、土木学会北海道支部論文報告集、No.70、p.p.E-21、2014。