

AI技術活用による路面性状検出試験について

清野 凌太

関東地方整備局 宇都宮国道事務所 管理第二課 (〒321-0931 栃木県宇都宮市平松町504)

ポットホール等の路面異常については日々のパトロールで確認を行っているが、ポットホール等の路面異常の見落とし防止や巡回員の負担軽減を目的としてAIを用いた維持管理手法の検討を行った。出張所における日常パトロールでの活用を想定し、パトロール車に搭載可能でありAIが自動でポットホール等の路面異常を発見するシステムを複数選定し試験走行を実施した。試験走行の結果、ポットホールを約7割検出できるシステムがあることが確認できた一方で、誤検出や結果出力の即日性等に関して課題も見られた。本検出試験の結果を踏まえ、今後当事務所では活用に向けて引き続き検討を予定している。

キーワード DX, AI, ポットホール, ドライブレコーダー, スマートフォン

1. はじめに

宇都宮国道事務所では、日常パトロールを通じて道路管理を実施しているところだが、ポットホールの見落としは事故の原因となり管理瑕疵を問われることになるため、迅速かつ効率的に路面異常を確認する方法について検討を行った。

現在の日常パトロールでは、目視によってポットホール等の路面異常を発見している。車線数の多い道路では路面異常を見落とす可能性があり、パトロールを行う技術員の技量が大きく影響する。そこで、高度な技術を必要としない簡易的な技術とパトロール車に搭載可能な一般的な機材を用いて路面状態を把握し、AIを用いて維持管理の簡略化や巡回員の負担軽減、ポットホール等の路面異常の見落とし防止等につなげることを目的として、試験走行を実施した。

試験走行で用いた技術に関して、製品化されていないシステムもあり、本検討の中で試験的に運用を行ったことから、技術概要及び試験結果についてシステム名を伏せて記述することとする。

2. 検討方針

本検討は令和2年度及び令和3年度に実施したものである。図-1に検討フローを示す。

(1) 技術調査

ポットホール等の路面異常や路面状態を自動で検出、測定ができる点検システムの情報を収集した。

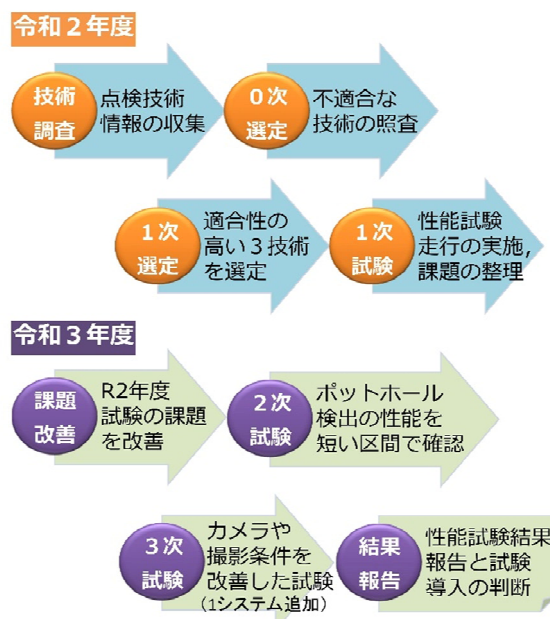


図-1 検討フロー

(2) 0次選定

日常パトロールにてAI技術を用いることを想定して、要求性能を7つ評価し、適合性の高いシステムを選定した。7つの要求性能は以下の通りである。①パトロール車に搭載可能であること②複雑な操作がなく、計測しやすいこと③直轄国道の走行速度に対応可能であること④1車線の走行にて2~3車線分のデータが取得できること⑤ポットホール及びひび割れ等の路面異常が検出できること⑥損傷程度や位置情報がビューワ等で確認できること⑦路面異常発見からアウトプットまで1日で完了すること。

表-1 システム概要

	検出システムA	検出システムB	検出システムC
会社・組織	A社	B社	C社
計測機材	ドライブレコーダー	スマートフォンまたはドライブレコーダー ※1次・2次試験はスマートフォン、3次試験は ドライブレコーダーを使用	ドライブレコーダー、解析用ノート PCなど
設置位置	フロントガラス上部	スマホ：ダッシュボード上 ドラレコ：フロントガラス上部	フロントガラス上部
アウトプット	Webビューワ	Webビューワ	Excel帳票
データ通信	無線、クラウド保存	無線、クラウド保存	有線、ノートPC保存
解像度 (解析画像)	非公開	スマートフォン 600×600	ドライブレコーダー 1080P (FullHD-1920×1080)
フレーム率	非公開	スマートフォン 2fps (フレーム/秒)	ドライブレコーダー 27.5fps (フレーム/秒)
解析方法	AI画像解析、加速度測定	AI画像解析	AI画像解析
検出可能な 変状	ひび割れ、IRI、ポットホール ※ひびわれ、IRIの損傷程度の解 析が可能	ひび割れ、ポットホール、路面標示のかすれ等 ※損傷程度の解析は行わない	ポットホール、亀甲状ひび割れ ※損傷程度の解析は行わない



図-2 試験走行の様子

(3) 1次選定

0次選定において要求性能を満たすシステムの中で、7つの要求性能それぞれの評価で総合評価上位3システムを選定した。表-1に3社のシステムを示す。

(4) 検出試験

検出試験は令和2年度に1回、令和3年度に2回の計3回実施した。パトロール車にカメラ等の設備を設置し、当事務所の管理区間である国道4号及び新4号国道において試験走行を実施した(図-2)。本試験で使用したシステムは、カメラで撮影した画像の中の明暗からAIがポットホール等の路面異常を検知するものであるため、夜間や雨の日では使用することができない。そこで、日中で晴れの日、直径10cm程度の小型のポットホールを検出対象として試験を行った。

3. 検出試験

(1) 1次試験

表-2 試験結果 (1次試験)

システム	パトロール車 ポットホール検出率 (検出数/実数)	パトロール車 亀甲状ひび割れ検出率 (検出数/実数)
	A	0% (0/3)
B	0% (0/3)	43% (3/7)
C	0% (0/3)	71% (5/7)

令和3年3月に当事務所管内の新4号国道において試験走行を実施した。パトロールでの使用を想定し、出張所のパトロール車に機器を設置し、カメラで撮影した動画からAI技術を活用してポットホール及び亀甲状ひび割れの検出を行った。3システムを同条件で比較・検討するために1台のパトロール車にそれぞれのシステムの機器を設置し試験を実施した。試験走行を行うにあたり、ポットホール及び亀甲状ひび割れの検出の可否、結果のアウトプット方法、計測機器の3点の評価を行った。

試験走行の結果を表-2に示す。3システムともにポットホールの検出には至らなかった。原因としてAIの教師データが少ないことが挙げられ、誤検出も多数確認した。また、亀甲状ひび割れについては、最も検出率が高い技術で71%となった。結果のアウトプット方法に関して、操作性、機能性、情報管理の面で課題点を確認した。例として、車線ごとに結果の表示ができない、検出した損傷の位置情報が若干異なる等の課題点を確認した。計測機器に関しては、スマートフォンの充電の手間や振動でPCケーブルの接触不良を起こし、計測できない等の課題点を確認した。

表-3 試験結果 (2次試験)

システム	パトロール車	乗用車
	ポットホール検出率 (検出数/実数)	ポットホール検出率 (検出数/実数)
A	5% (1/21)	10% (2/21)
B	10% (2/21)	24% (5/21)
C	5% (1/21)	0% (0/21)

(2) 2次試験

1次試験における課題について各社に可能な範囲で改善を図っていただき、令和3年10月に2回目の試験走行を実施した。1次試験において、ポットホール検出ができなかったことから、ポットホール検出に焦点を当てて2次試験を実施した。本試験では、パトロール車においてポットホール検出の可否を早期に判断できるように、当事務所管内において小型（直径10cm程度）のポットホールを確認している区間で試験走行を実施した。また、1次試験において、各社が想定している検出率と大きく差異があったことから、車両（画角の違い）による検出率の違いがあるのか確認するため、ボンネットが長いパトロール車（日産・X-TRAIL）での試験だけでなく、一般的な乗用車（ホンダ・N-BOX）でも同条件で試験走行を実施した。

試験走行の結果を表-3に示す。パトロール車では最も高い検出率を得たシステムで10%、また検出率0%のシステムもあった。一方で、乗用車の検出率は技術によってではあるがパトロール車と比較して2倍高い結果を得られたことから、車の形状（画角の違い）がポットホールの検出率に影響を与えることが確認できた。

(2) 3次試験

2次試験においてもポットホールの検出率が低い結果となったことから、各社に再度改善の可否も含めご協力頂いた上で再度2次試験と同様に、当事務所管内で既に確認をしているポットホールのある区間を令和3年度末に試験走行を実施した。また本試験から、3システムに加えて新たに製品化され1次選定の要求に適合するシステムを合わせた4システムで試験を実施した。また、ポットホールの検出及びポットホールに進展する恐れのある亀甲状ひび割れの検出も行った。追加したシステムの概要を表-4に示す。さらに2次試験で車の形状（画角の違い）が検出率に影響を与えることが分かったことから、本試験でもパトロール車に加えて乗用車でも試験を実施した。また、カメラが1台増えることにより運転の支障になることが考えられたので、2次試験で用いた乗用車（ホンダ・N-BOX）と同様の画角であり、よりフロン

表-4 3次試験で追加した技術の概要

	検出システムD
会社・組織	D社
計測機材	スマートフォン
設置位置	フロントガラス上部
アウトプット	Webビューワ
データ通信	無線、クラウド保存
解像度 (解析画像)	1080P (FullHD-1920×1080)
フレーム率	30fps(フレーム/秒)
解析方法	AI画像解析、加速度測定
検出可能な 変状	ひび割れ、IRI、ポットホール、路面標示かすれ等 ※ひびわれ、IRIの損傷程度の解析が可能

表-5 試験結果 (3次試験)

システム	ポットホール検出率 (検出数/実数)		亀甲状ひび割れ検出率 (検出数/実数)	
	パトロール車	乗用車	パトロール車	乗用車
A	5% (1/22)	14% (3/22)	30% (3/10)	80% (8/10)
B	36% (8/22)	68% (15/22)	60% (6/10)	10% (1/10)
C	0% (0/22)	5% (1/22)	0% (0/10)	40% (4/10)
D	73% (16/22)	73% (16/22)	100% (10/10)	80% (8/10)

トガラスの大きい乗用車（トヨタ・HIACE）で試験を実施した。

試験走行の結果を表-5に示す。パトロール車では68%の検出率の機種があった一方で、検出率が0%の機種もあった。また、パトロール車の検出率と乗用車の検出率を比較すると、2次試験と同様にパトロール車の検出率が低い結果となった。亀甲状ひび割れに関しては、ポットホールと比較して検出率が高い傾向にある。パトロール車と乗用車との検出率の違いについて、パトロール車で検出率が低いというポットホールと同様な傾向は見られなかった。

4. 課題点

試験走行を3度行った中で確認をした主な課題を記述する。

(1) 検出可能な車線数

検出可能な車線数は、解析範囲と路面撮影画角、走行車線位置により決まる。解析範囲が予め設定されたシステムを除き、本試験で用いたシステムの検出可能車線数

表-6 誤検出結果 (3次試験)

システム	パトロール車 誤検出率 (誤検出数/データ取得数)	乗用車 誤検出数 (誤検出数/データ取得数)
A	67% (4/6)	70% (7/10)
B	36% (5/14)	55% (27/49)
C	0% (0/0)	80% (4/5)
D	34% (14/41)	28% (9/32)

は、第2走行車線（隣接車線）までであった。走行車線では車間距離を開けることで、常に路面を撮影可能な状態であるのに対し、隣接車線では路面を撮影可能なタイミングが隣接車線の通行状況や交通量に依存する。また、第3走行車線（右車線）は、撮影画角に収まっても撮影距離と角度の問題からポットホールを検知することは難しい。

(2) 誤検出

パトロール車での誤検出率を表-6に示す。影をポットホールとして、電熱線や植生、影を亀甲状ひび割れとして誤検出する事象が見られた。誤検出低減のためには、技術開発によるさらなる精度向上が望まれる。

(3) 結果表示の即日性

日常パトロールにて緊急性の高い損傷を検出した場合、道路管理者はすぐに損傷状況を把握する必要がある。そのため、検出結果は計測中あるいは計測終了後すぐに確認可能なことが望ましい。パトロール車へ機材を搭載することから、計測機器は簡易的なものに限られる。また、本試験で使用した4システムの中で、3つは画像データを無線にてクラウドへアップロードした後、解析が行われる手法が用いられている。検出精度を上げるためには高解像度の画像データを用いることが望ましいが、扱うデータ容量が大きくなるため、アップロードや解析自体に時間がかかり、結果表示までに時間がかかるという課題がある。今後、5G以上の通信システムが主流となることで、大容量データを短時間でアップロードできるようになり、今よりさらに結果表示が早くなることが期待される。

(4) パトロール車での検出率減少

乗用車の検出率に比べ、パトロール車での検出率は減少する傾向にある。試験走行で使用した乗用車（ホン

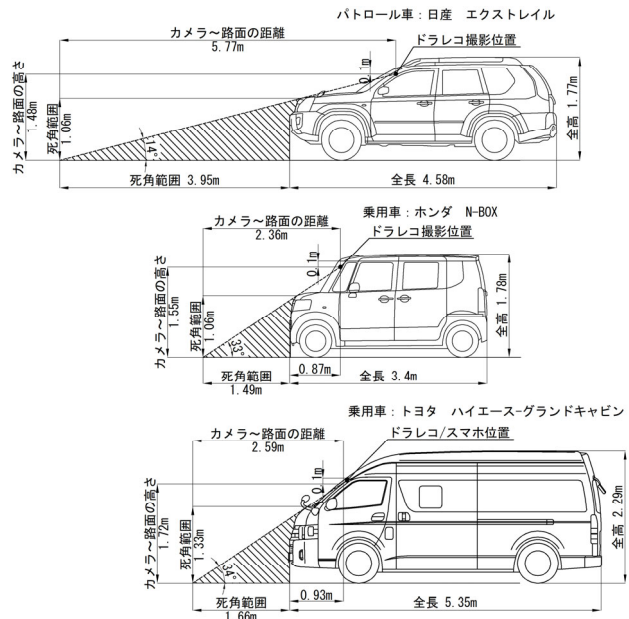


図-3 車によるカメラ画角の違い

ダ・N-BOX、トヨタ・HIACE) は、いずれもフロントガラスの角度が立っており、ボンネットも短い。一方でパトロール車（日産・X-TRAIL）は、フロントガラスが傾斜しており、ボンネットが長い。そのため、乗用車に比べて撮影死角範囲が広く、路面とカメラとの撮影距離も長くなり、撮影角度も路面に対して鋭角となる。これにより、“ポットホールと撮影距離が遠く、規模が小さく見える”、“ポットホールの穴面が見えづらくなる”、“写りが悪くなる”など、撮影条件の悪化がパトロール車での検出率低下の要因であると考えられる。

5. まとめ

道路維持管理の効率化を図るため、AI技術を活用し、ポットホールや亀甲状ひび割れの検出効果について検証を行った。その結果、検出率の高いシステムがある一方で、検出できないものもあることが確認できた。今後この差を縮めるためにはユーザーが増えニーズがあれば各社もそのニーズに合わせて開発がより進むと考えるので、精度向上のためにも、是非、国・地方公共団体での活用が図られることが望まれる。今後、当事務所においても試験結果を踏まえ、効果的なシステムを用いて蓄積されたデータの活用方法を検討し、維持管理の簡略化や巡回員の負担軽減を図れるよう運用方法等について検討を予定している。

謝辞：本試験の実施にあたり、ご協力いただいた関係企業の皆様に心からお礼申し上げます。