

一般走行車両のビッグデータを活用した路面性状把握技術について

及川 大輔¹・三上 裕輝²

^{1,2}朝日航洋株式会社 空間情報事業本部 商品企画部 (〒350-1165埼玉県川越市南台3丁目14番地4)

直轄国道において、路面の凸凹箇所に対する沿道住民等からの苦情の増加が課題となっている。この課題解決に向けて、近畿地方整備局が公募した「現場ニーズに対応する新たな技術（シーズ）」の取組みにおいてマッチングが成立した新技術の現場試行により、路面凸凹状況と位置情報の自動記録に関する実証を行った。実証では、奈良国道事務所管内の直轄国道をフィールドとして、一般車両に標準搭載されたIoTセンサーから収集したビッグデータから路面凸凹状況を定量的に推定する新技術について一定の有用性を確認できた。本稿では、新技術の活用を直轄国道におけるインフラDXの推進に資するものと位置づけ、実証成果について紹介する。

キーワード インフラDX, コネクティッドカー, IoT, ビッグデータ, 省人化

1. はじめに

地方整備局等が管理する道路法第2条第1項に規定する道路の車道上の路面については、舗装点検要領¹⁾にて5年に1回の点検を実施し、結果に応じて必要な措置を行うことと定められている。点検の手法については、新技術の積極的な採用や機器を用いることを妨げないとされているものの、専用機器を設置した計測車両等による路面性状調査（以下、「従来点検」とする。）を実施していることが通例である。

また、道路管理者は、日常パトロールを通じて日々の路面の状態を把握し、必要に応じた応急対策を行っている。近畿地方整備局の場合、直轄国道の車上路視パトロールについて、交通量を基準とした維持管理基準²⁾を定めて対応している（表-1）。

表-1 近畿地方整備局における直轄国道の日常パトロール頻度

平均交通量	パトロール頻度
50,000台/日以上	1日に1回
5,000台/日以上50,000台/日未満	2日に1回
5,000台/日未満	3日に1回

以上の維持管理を行っているものの、直轄国道の一部では、路面の応急対策等により、路面の凸凹箇所に対する沿道住民等からの苦情の増加が課題となっている。課題への対策として、点検や日常パトロールの頻度を増やして措置を充実することが考えられるものの、費用や人員の面で現実的な解決策とは言い難い。

今回、近畿地方整備局が公募した「現場ニーズに対応する新たな技術（シーズ）」（以下、「公募」とする。）において、数年に一度の従来点検と日常パトロールの間

を補完する新技術の実証を行い、課題解決につながる可能性を確認できたため、実証結果を報告する。

2. 実証技術の紹介

(1) 実証技術の仕組み

近年、車載通信機を標準搭載した一般車両（以下、「コネクティッドカー」とする。）の普及に伴い、自動車メーカーでは、許諾を得たユーザーの走行データをセルラー通信を通じてクラウド上に収集、蓄積し、各種ユーザー向けサービスの充実等に利用している。

実証技術は、トヨタ自動車株式会社が開発し³⁾、既往研究においてコネクティッドカーの4輪に搭載されている車輪センサーが接地する路面から直接得たデータより算定した路面凸凹指標値を用いて路面凸凹状況を推定する手法として紹介されている⁴⁾。

本手法の結果は、10m×10m四方内の路面凸凹指標値として利用可能なサンプルの平均値を、車載GPSから得た代表緯度経度と道路リンクデータを同定することで地図上のポイントデータとして表現される（図-1）。



図-1 10m×10m四方の路面凸凹指標値の表現
(2019年1月7日から1月13日までの1週間のデータから作成)

(2) 実証技術の特徴

a) 路面凸凹状況の入手経路

路面凸凹状況を把握する手法としては、路面性状調査や職員等による日常パトロールに加え、スマートフォン等の機器を設置した簡易測定等がある。これらの手法は、いずれも道路管理者や受託事業者等が現地を走行し点検を行うことで結果を入手する仕組みとなっている。

一方で、実証技術は、走行済のコネクティッドカーのデータを利用することから、点検のための走行が不要であり、人手を介さずに結果を得られることで点検を省人化できる点に新規性を有する(図-2)。

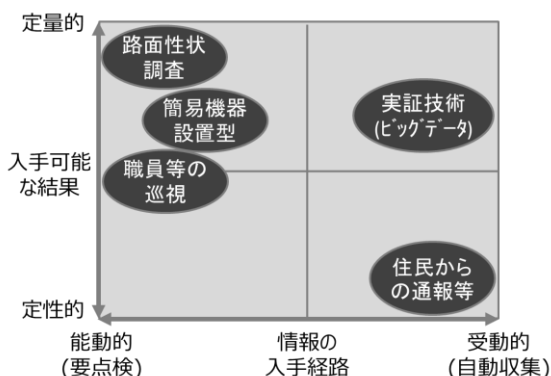


図-2 路面凸凹状況を入手する手法の比較

b) 実証技術における測定の考え方

実証技術は、コネクティッドカーの4輪センサーで測定した平均値から路面凸凹状況の推定を行うため、左右両輪の路面凸凹状況を捕捉することが可能である。また、コネクティッドカーが走行する全車線の路面状況を加味するため、例えば片側2車線の区間ではいずれかの車線に路面凸凹があれば路面凸凹指標値の変化として捕捉される。

なお、車載GPSによる位置捕捉が困難な区間(トンネル内等)は各種センサーによる位置情報の補正を行っており、セルラー通信の不能区間は通信再開時に蓄積したデータの送信を行うことで、データ取得の網羅性をより高める仕組みが実装されている。

c) 路面凸凹状況の算出方法

実証技術を用いた既往研究として、市町村が管理する道路を対象にMCI (Maintenance Control Index) と比較した事例があるものの、ドライバーが体感する路面凸凹状況に近い平坦性を評価するための指標であるIRI (International Roughness Index : 国際ラフネス指数) との比較を直轄国道において行った事例は存在しない。

計測車両等を用いた一般的なIRIの測定方法としては、車両の片側1輪に設置したプロファイラー等による測定結果を用い、一定の速度で走行した際のばねの上下方向の運動量の累積値と縦断方向の走行距離から算出するQC (クォーターカー) シミュレーションがある(表-2)。

表-2 路面凸凹等の測定方法とIRIの算出方法⁵⁾

クラス	路面の凸凹等の測定方法	IRIの算出方法
1	水準測量	間隔250mm以下の水準測量で縦断プロファイルを測定し、QCシミュレーションによりIRIを算出する。
2	任意の縦断プロファイル測定装置	任意の縦断プロファイル測定装置で縦断プロファイルを測定し、QCシミュレーションによりIRIを算出する。
3	RTRRMS (応答型道路ラフネス測定システム)	RTRRMS (応答型道路ラフネス測定システム) で任意尺度のラフネス指数を測定し、相関式によりIRIに変換する。
4	パトロールカーに乗車した調査員の体感や目視	パトロールカーに乗車した調査員の体感や目視によりIRIを推測する。

なお、実証技術の比較対象とした従来点検は、レーザープロファイラーによる縦断方向の凸凹測定結果から10mピッチのIRIを算出している(クラス2相当の手法)。

これに対し、実証技術は、縦断方向に走行する車両の車輪速の変動から算出した路面凸凹指標値を変換することでIRIを算出する(クラス3相当の手法)。

実証では、一般財団法人土木研究センターの認定を受けた従来点検のIRI(クラス2相当の手法)と、実証技術(クラス3相当の手法)を比較することで、路面凸凹を把握する技術としての有用性を検証した。

3. 実証の内容

実証では、2019年度ならびに2020年度にかけて奈良国道事務所が提示した「道路の路面凸凹状況と位置情報を自動記録したい」というニーズに対する実証技術の有用性を把握するため、以下(1)～(3)の検証を行った。

(1) データ取得可能範囲の検証

実証技術が適用可能な範囲を把握するため、以下の手順でデータ取得可能範囲の検証を行った。

a) 対象範囲・時点

奈良国道事務所が管理している4路線、約150km(重用区間を除くと約106.4km)を対象とした(図-3)。比較にあたっては、2020年11月の1か月間のデータを利用した。なお、データ取得可能範囲の検証では、上下線や高架上下の区分、道路リンクデータとの位置同定を行っていない簡易的なデータを使用した。

b) 検証方法

対象道路を100m区間に分割し、利用可能な路面凸凹指標値が9点以上取得できている区間をデータ取得可能範囲とした(図-4)。なお、9点以上をデータ取得可能範囲とした理由は、100mで分割した道路区間と車載GPSの位置を同定する際のズレを考慮したためである。

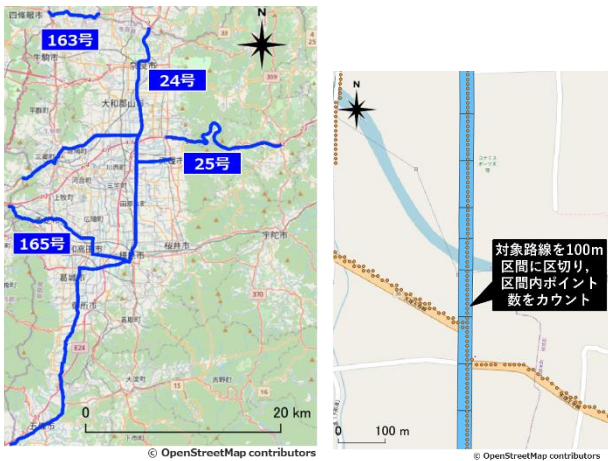


図-3 対象範囲 図-4 100m区間の検証の例
(2020年11月の1か月間のデータから作成)

(2) 現地状況との比較による検証

路面凸凹指標値と現地の路面状況との比較を行うため、以下の手順でデータ取得可能範囲の検証を行った。

a) 対象範囲・時点

奈良国道事務所が管理している国道24号のうち、2019年に従来点検を実施した48.3kp～74kpの片道約25.7kmならびに同区間外を含む路面補修（切削オーバーレイ等）の実施箇所を対象とし、路面凸凹指標値と現地画像との比較を実施した。比較にあたっては、従来点検を実施した2019年1月10日を含む2019年1月4日から1月17日までの2週間のデータを利用した。また、高架下の側道等交通量の少ない一部の区間では、2019年1月1日から1月31日までの1か月のデータで補完した。なお、従来点検の考え方に近づけるため、路面凸凹指標値の上下線や高架上下を区分し、道路リンクデータとの位置同定を行っている。

b) 補修箇所との比較

複数の路面補修の実施箇所において、補修前後の路面凸凹指標値を確認することで、補修検討対象に相当する路面凸凹指標値のしきい値を設定した。

c) 現地走行画像との比較

a)で設定したしきい値を用いた路面凸凹指標値による路面評価と実際の路面における凸凹状況の当てはまり度合いを確認するため、車両の車外に設置した市販カメラで撮影した現地画像と路面評価の比較を行ない、しきい値の妥当性を確認した。

(3) IRIとの比較による検証

a) 対象範囲・時点

奈良国道事務所が管理している国道24号のうち、従来点検を実施した48.3kp～74kpの片道約25.7kmを対象とし、路面凸凹指標値とIRIとの比較を実施した。比較の時点等は、3. (2)と同様である。

b) 検証方法

地図上に、従来点検のIRIを変換した10mピッチの健全

度区分（表-3）と、10m×10m四方の路面凸凹指標値を上り線、下り線ごとに展開し、比較を行った。

検証では、従来点検のIRI8mm以上（健全度区分III）の箇所を対象に、路面凸凹指標値が補修検討のしきい値以上（1.0以上）を概ね検出（○）、補修検討箇所のしきい値以上（0.8以上）を一部検出（△）、それ以外の箇所を未検出（×）と判定した。

表-3 従来点検のIRIと健全度区分の対応

IRI	健全度区分
3mm/m 未満	健全度 I
3mm/m以上 8mm/m 未満	健全度 II
8mm/m以上	健全度 III

4. 実証結果・考察

実証技術の適用可能な範囲や捕捉精度に関する検証により、以下 (1) ～ (3) の結果を得られた。

(1) データ取得可能範囲の結果

2020年11月の1か月間の通行実績から、路面凸凹指標値を奈良国道事務所管内の全域（約106.4km）がデータ取得可能範囲となっていることを確認できた。

当該区間における交通量の下限は2,413台（平成27年度道路交通センサスにおける24時間小型車交通量）であったことから、これ以上の交通量があれば概ねデータ取得可能範囲になると推察される。

なお、車載GPSの位置捕捉の精度がやや低いと考えられる高架下におけるデータ取得も確認できた（図-5）。



図-5 高架下におけるデータ取得状況
(国土地理院撮影の空中写真（2011年撮影）に重畳して生成)

(2) 現地状況との比較結果

a) 判定しきい値の設定

路面の補修前後の状況を見ると、路面凸凹指標値が1.0以上となっている箇所とその周辺において補修を実施しており、補修後の路面凸凹指標値がいずれの箇所でも0.8未満に改善されていることを確認した（図-6）。

これを踏まえ、路面の補修検討対象となる目安を路面凸凹指標値1.0以上、補修後の良好な路面の目安を路面凸凹指標値0.8未満とし、それぞれの値を路面凸凹状況（悪い～良い）を判定するしきい値として、以降の検証において用いることとした。

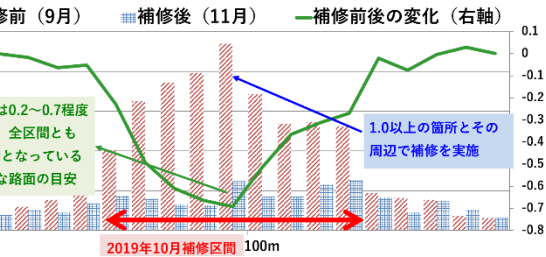
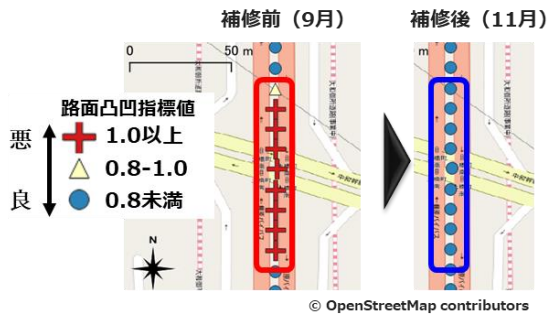


図-6 補修前後の路面凸凹指標値の変化と特徴

b) 画像との比較結果

路面凸凹指標値が1.0以上となっている163箇所と現地路面画像との比較結果より、113箇所(69.3%)で画像上に何らかの路面凸凹(ひび割れやパッチング跡の荒れ等)が確認できた。

一方で、41箇所(25.2%)は、マンホールやジョイント等の道路上地物を検出していた。この道路上地物については、ドライバーの乗り心地の観点からは路面凸凹として必要な情報だが補修や修繕等の観点からは不要な情報である等、目的によって必要性が異なることから、運用上の取り扱いに工夫が必要となる。

c) 画像との比較結果(不一致箇所の特徴)

9箇所(5.5%)については、路面画像上から路面凸凹等が確認できなかった。これは、画像目視での確認が困難な路面凸凹(わだちの起終点等)の捕捉、対象路線に接続するわき道の合流部分の路面凸凹を捕捉している等の事象によるものであった。

(3) IRIとの比較結果

従来点検のIRIが8mm以上(健全度区分Ⅲ)となっている100箇所と路面凸凹指標値の比較より、93箇所(93.0%)で路面凸凹指標値が1.0以上(概ね検出)であった(図-7)。なお、比較方法は異なるものの、健全度区分Ⅲの検出率93.0%は、国土交通省の過去の比較結果⁹⁾におけるA評価(80%以上)に相当する水準である。

一方で、5箇所(5.0%)は、路面凸凹指標値が0.8から1.0の間(一部検出)であった。また、10m×10m四方に含まれる複数車線の路面状況を平均化する実証技術の特性により、車線ごとの路面状況が異なる箇所で見逃しを2箇所(2.0%)確認した(図-8)。これは、奈良国道事務所における従来点検が各車線の左側のIRIを算出しているという測定方法の違いに起因すると考えられる。

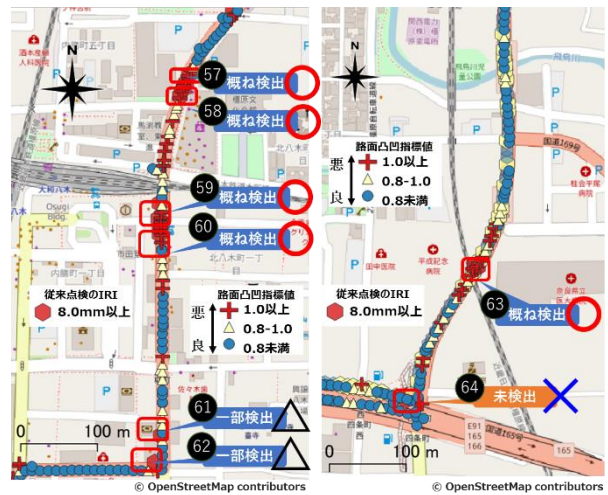


図-7 従来点検のIRIと路面凸凹指標値の比較結果の事例



図-8 車線ごとの路面状況が異なる場合の見逃しの事例

5. 路面の維持管理業務への活用可能性の考察

(1) 路面凸凹状況の自動取得と活用

実証技術については、公募におけるニーズである、道路の路面凹凸状況と位置情報を自動記録したいという要件を満たしていることを確認できた。

自動記録した路面凸凹状況を効果的に活用するためには、データを効率的に利用可能な仕組みを整備することが求められる。例えば、クラウドサービスにより路面評価マップを道路管理者が保有する各種端末等で閲覧参照可能にする等、人手を極力介さない仕組みとすることで、路面の維持管理業務等にすぐ利用可能となる(図-9)。

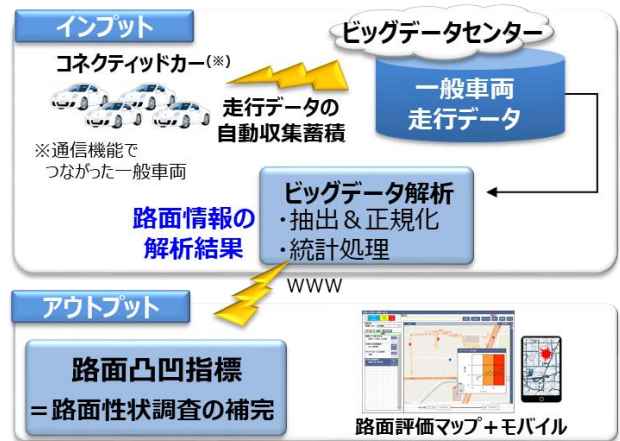


図-9 実証技術の効果的な活用に向けた配信方法の例

(2) 路面性状調査のタイムリーな補完

実証技術については、5年に一度の従来点検と同様に10mごとの路面評価を行うことが可能であり、IRI（健全度区分Ⅲ）と9割以上の一致を確認できた。実証技術は、従来点検と比較して低コストかつ高頻度の情報が得られることから、従来点検が未実施の時期であっても苦情が発生する可能性のある路面凸凹箇所や補修検討対象を把握する新技術として活用が可能である。

(3) 近畿地方整備局の管理道路への展開

近畿地方整備局では、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、福井県の2府5県にまたがる直轄国道24路線・約1,920kmを管理している。ここでは、これらの管理道路における実証技術のデータ取得可能範囲を3(1)と同様の考え方で算出することで、近畿地方整備局管内全域への展開の可能性を整理した。

府県ごとの管理延長に対するデータ取得可能範囲の割合を整理すると、99.6%から100.0%となり（表4）、1か月間のデータを取得することで、近畿地方整備局の直轄国道のほぼ全域で実証技術を利用可能である。

なお、データ取得可能範囲の割合は、トンネル等の車載GPSによる位置捕捉が困難な区間も含めて算出している（図-10）。

表-4 府県ごとの直轄国道の延長に占めるデータ取得可能範囲の割合と最小区間の24時間小型車交通量

府県名	管理延長	取得割合	最小区間交通量
滋賀県	275km	100.0%	2,851台/24H
京都府	194km	100.0%	3,360台/24H
大阪府	243km	100.0%	1,929台/24H
兵庫県	488km	99.9%	620台/24H
奈良県	150km	100.0%	2,413台/24H
和歌山県	368km	99.6%	1,745台/24H
福井県	206km	100.0%	1,051台/24H

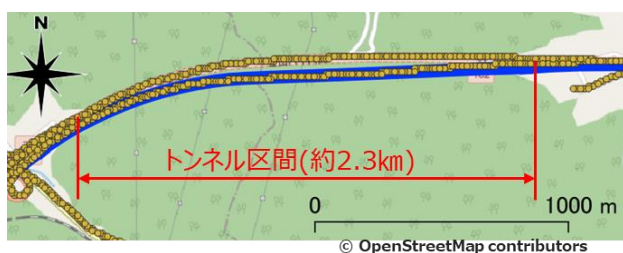


図-10 トンネル区間のデータ取得状況の例
（福井河川国道事務所管内の野坂岳トンネル約2.270m）

一方で、兵庫県、和歌山県の一部区間においてデータ取得可能範囲外の区間が存在した。これらの区間は、急カーブとなっている箇所や、海沿いに位置する路線である等の特徴がみられた（図-11）。



図-11 データ取得可能範囲外の区間の例
（紀南河川国道事務所管内の国道42号）

6. おわりに

直轄国道における路面の維持管理については、従来点検を通じた定量的な路面状況の捕捉や日常パトロールによる路面状況の把握等が行われている。これに加えて、実証技術を活用することで、従来の維持管理手法と異なる時間軸で高頻度かつ定量的な路面情報が入手できるようになる。これにより、路面の凸凹に対する苦情対応の効率化や維持管理業務全体の省人化等につながる可能性があると考えられる。

一方で、実証技術のさらなる有用性の向上のため、以下の取組みを進めていくことが求められる。

(1) 各種データとの組み合わせによる活用

実証技術を他のプローブデータや画像情報等と組み合わせることで、より多様な活用が可能となる。例えば、時系列の路面変化のモニタリング（図-12）により劣化の進行しやすい道路を抽出し、交通量との関係整理や路面画像との比較を行う等、多角的な検討が可能となる。

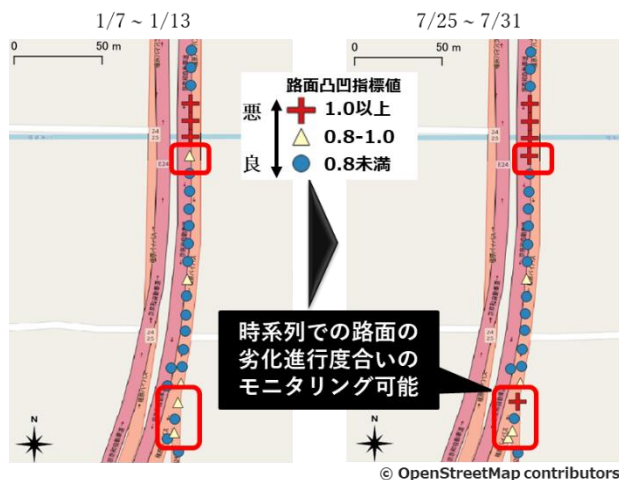


図-12 時系列の路面変化のモニタリングの例
（奈良国道事務所管内の国道24号）

(2) リードタイムの短縮と位置精度の向上

コネクティッドカーの対応台数（データ件数）は日々増加しており、データ取得期間の短縮によりリードタイムは随時改善されていく。リードタイムが改善することで、日常パトロールの補完等、より広範な用途での活用が見込まれる。

また、車両の位置把握精度が向上すれば車線別の路面状況を把握する等、より解像度の高い情報を得られる可能性がある。

(3) 苦情箇所との対応

蓄積した苦情発生箇所やと路面凸凹指標値の対応を図り、相関等を整理することで、苦情発生の可能性が高い箇所を事前に把握することが期待される。

(4) 路面補修・修繕工事履歴との対応

地域の特徴（交通量や積雪の有無等）を踏まえ、路面補修履歴との対応を図ることで、より地域の実態に即したしきい値を設定できると期待される。

また、修繕工事の履歴（工法別）との対応を図ることで、実証技術を舗装構成や傷みやすき等に応じて工法を検討するための基礎資料等としての活用が見込まれる。

今後は、直轄国道における路面の維持管理への実証技術の適用に向けた取組みを行うとともに、予算や人員の不足等がより大きな課題となっている地方公共団体への適用も進めていきたいと考える。これらの取組みを通じて、維持管理業務のDXを通じたインフラマネジメント

のコスト削減、省人化に寄与していきたいと考える。

謝辞：今回、「現場ニーズに対応する新たな技術（シーズ）」におけるマッチングが成立したことから、現場試行の取組みとして実証を行った。実施に際しては、奈良国道事務所 管理第二課・平野建設専門官（当時）より実証フィールドならびに道路管理者の視点からの助言をいただき、近畿地方整備局 企画部 施工企画課・砂田係長ならびに、一般財団法人 先端建設技術センター・中山参事役より実証技術の活用に向けた助言をいただいた。また、トヨタ自動車株式会社 コネクティッドカンパニー e-TOYOTA部 データ事業推進室より実証目的に即した各種データの加工、提供等をいただいた。関係各位にこの場を借りて感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局 国道・防災課：舗装点検要領，2017
- 2) 近畿地方整備局：近畿地方整備局道路維持管理計画(案)，2020
- 3) 木村陽介・間嶋宏：路面状態推定装置及び路面状態推定方法，特開 2020-13537，2020
- 4) 小淵達也・木村陽介：お客様の車両から収集されるビッグデータを活用した舗装路面状態推定技術の開発，第 60 回土木計画学研究発表会・講演集，2019
- 5) 公益社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧，2019
- 6) 国土交通省：路面性状を簡易に把握可能な技術，<https://www.skr.mlit.go.jp/pres/h30backnum/i1515/181228-1.pdf>，2018（2020/5/27 参照時点）