

(4) カープローブデータを用いた 道路舗装点検の効率化手法の提案

今井 龍一¹・松島 敏和²・松井 晋³・池本 智⁴・中西 良成⁵

¹正会員 法政大学 デザイン工学部 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)
E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

²正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 (〒102-0083 東京都千代田区麹町 2-10-13)
E-mail: matsushima_t@cfk.co.jp

³正会員 アジア航測株式会社 (〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2)
E-mail: sin.matsu@ajiko.co.jp

⁴非会員 株式会社ゼンリンデータコム (〒108-6206 東京都港区港南 2-15-3 品川インターシティ C 棟 6 階)
E-mail: s_ikemoto@zenrin-datacom.net

⁵正会員 株式会社構造計画研究所 (〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3)
E-mail: nakanisi@kke.co.jp

我が国の道路の維持管理では、120 万 km 以上ものストックの舗装の劣化状況を定期的に点検し、その結果に応じて修繕・補修している。通常、道路舗装点検では、目視点検や高精度な計測器のレーザ技術を用いた路面性状調査が実施されているものの、路面性状調査は調査費用が高額のため、財政事情から時宜に即した実施が困難なことも往々にしてある。

本研究では、道路管理者の財政負担軽減を念頭に置き、一般的に入手可能なカープローブデータを用いて舗装の劣化箇所候補を簡易診断にて絞込む「道路舗装点検の効率化手法」を考案した。神奈川県藤沢市を対象地域として、カープローブデータを入手・蓄積し、考案手法を試行した。移動計測車両 (MMS) による路面性状調査相当の点検を実施し、その結果との比較検証により、考案手法の有用性を確認した。

Key Words: car probe data, pavement deterioration, road pavement inspection, MMS

1. はじめに

我が国の道路の維持管理では、120 万 km 以上ものストックの舗装の劣化状況を定期的に点検し、その結果に応じて修繕・補修している。また、舗装の長寿命化や修繕の効率的な実施のための舗装点検要領が平成 29 年 3 月に改定されている¹⁾。通常、道路舗装点検では、目視点検や高精度な計測器のレーザ技術を用いた路面性状調査が実施されている。しかし、路面性状調査は調査費用が高額であるため、道路管理者の財政事情から時宜に即した実施が困難なことも往々にしてある。

道路計画に着目すると、スマートフォンやカーナビゲーションシステムなどの媒体から取得される交通ビッグデータを統計調査、交通現象分析や交通需要予測で活用する研究が活発化している^{たとえば 2)}。近年ではカープローブデータの挙動履歴を用いると、舗装の簡易な劣化診断ができることも明らかにされており³⁴⁾、国土交通省

による技術公募「路面性状調査を簡易に把握可能な技術」⁵⁾が実施されるなど実用化促進の動きも活発である。

既存事例⁶⁾に基づくと、スマートフォンなどの計測機器を用いて道路舗装点検を行うサービスのうち、国内で提供されているものとして、簡易 IRI 測定装置「STAMPER」、スマートフォンによる簡易路面性状評価システム「DRIMS」、プロファイラーと路面撮影装置を用いた道路維持管理システム、スマホで路面性状計測「バンプレコーダー」、道路パトロール支援サービス、道路路面診断ソリューションおよび道路舗装ひび割れ解析サービスなどが挙げられる。いずれのサービスも計測機器を自動車に設置し、走行中の上下振動や画像を取得・解析することで、路面状況に関する定量的なデータを自動収集することが可能である。

著者らは、加速度や GPS 測位のプローブデータによる舗装劣化診断技術の特長を活かした道路舗装点検の効率化手法の確立を目指して取り組んでいる^{たとえば 6)}。そ

の具体的なアプローチとして、カープローブデータから舗装の“劣化箇所候補”を簡易診断にて絞り込み、移動計測車両（MMS）による路面性状調査を実施する手法を提案する。本研究では、茨城県つくば市および神奈川県藤沢市をフィールドとして提案手法を適用しており、ここでは、藤沢市での適用結果を報告する。

本稿の構成として、第2章にて提案手法を論ずる。第3章にて提案手法を試行し、第4章にて試行結果を考察する。そして、第5章にて本研究を総括する。

2. 効率的な道路舗装点検手法の考案

道路舗装点検の効率化手法として、本研究は図-1に示すカープローブデータおよびMMSを用いた手順を提案する。これは、老朽化が急速に進む膨大な道路舗装に対して効率的に修繕箇所が把握できる手法が求められていることを念頭に置き、一般的に入手可能なカープローブデータを用いた効率的な道路舗装点検が実施できるスキームである。点検にかかる費用を確実に抑制できるように、管内道路全体から舗装劣化候補箇所を“絞り込む”プロセスが重要となる。

(1) 公用車及びスマートフォン等を活用したカープローブデータの常時収集・蓄積

カープローブデータの収集には、OBD II専用端末およびスマートフォン端末の2種類を準備した。収集した時刻、経緯度、3軸加速度のデータから、距離・方位角、速度、加速度を算出して利用する。

(2) 舗装劣化の簡易診断手法

本研究では、2種類のカープローブデータを利用した

舗装劣化の簡易診断手法を考案した。ひとつは、カープローブデータの鉛直方向による車両の動きから舗装の劣化を認識する手法、もうひとつは、位置情報（経緯度）や3軸加速度、時刻などから車両の挙動を分析して舗装の劣化箇所（候補）を抽出する手法である。

a) 鉛直方向の挙動に着目した舗装劣化診断

カープローブデータの評価対象となる箇所の近傍10m範囲内における鉛直方向の加速度のバラつきから舗装状況を評価する（図-2）。鉛直方向加速度の標準偏差を評価値とし、評価値は同一路面を計測して得られた鉛直方向の加速度の標準偏差とMCIとの比較による結果を踏まえて、良好（ $\sigma < 0.4$ ）、要注意（ $0.4 \leq \sigma < 0.6$ ）および要補修（ $0.6 \leq \sigma$ ）に分類する。

b) 外れ値に着目した舗装劣化診断

取得されたカープローブデータのうち、道路交通分析ではデータクレンジング処理の対象となり、通常除去される特異な値（以下「外れ値」という。）に着目して、その出現状況から“舗装の問題箇所候補”を絞り込む。

カープローブデータは様々なデータ項目から構成されているものの、本研究では、現行の道路交通分析で一般的に利用されている時刻、経緯度に主に依拠した①経緯度、②加減速、③角速度および④急挙動の4項目での外れ値を舗装劣化箇所の候補を抽出する指標として設定する（図-3～図-6）。

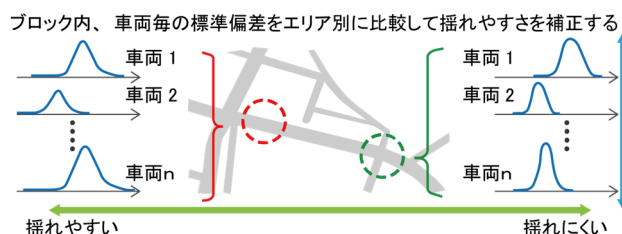


図-2 鉛直方向の挙動に着目した舗装劣化診断手法の概要

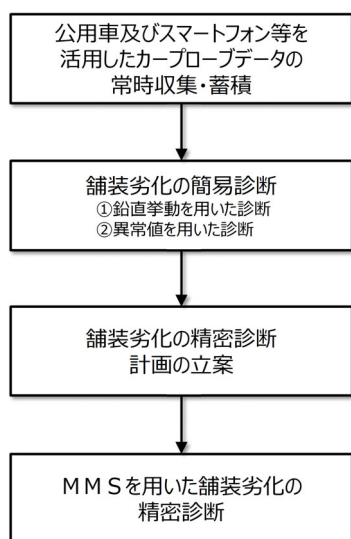


図-1 効率的な道路舗装点検の流れ

入力データ	プローブデータ（緯度、経度） DRMデータ（リンク）
出力データ	パツファ幅から外れるプローブデータ
パラメータ	道路幅員のパツファ幅 α （単位：m）
処理手順	i：各プローブ点とリンクの距離 r を算出 ii：iで算出した距離 r が、道路幅員のパツファ幅 α 以上の値を外れ値として抽出

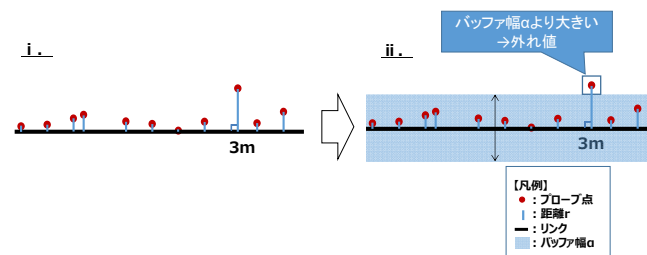


図-3 外れ値に着目した舗装劣化診断手法の概要（①経緯度）

入力データ	プローブデータ（緯度，経度，データ取得日時）
出力データ	速度しきい値外のプローブデータ
パラメータ	速度しきい値S（単位：km/h） 時間T（単位：秒）
処理手順	i 隣接するプローブ点2点の緯度，経度から距離rを算出 ii 隣接するプローブ点2点のデータ取得日時から経過時間tを算出 iii 距離rと経過時間tを用いて（始点以外の）プローブ点の速度sを算出 iv 時間T秒の中から速度sの最大値と最小値の差を算出し、速度しきい値S以上の値を外れ値として抽出

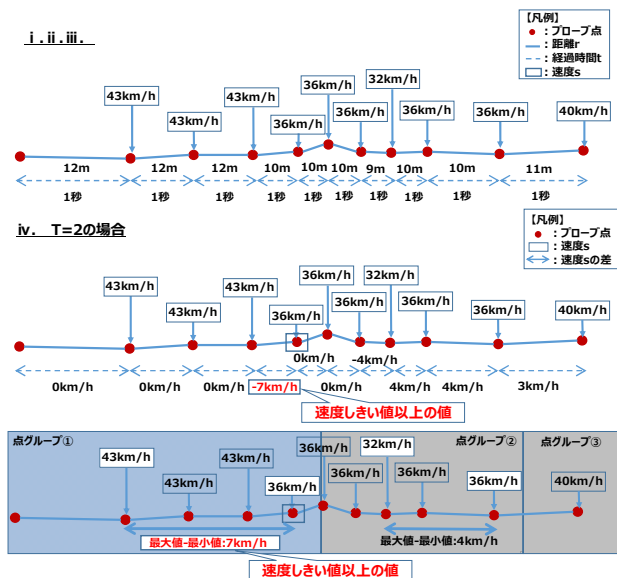


図4 外れ値に着目した舗装劣化診断手法の概要（②加速度）

入力データ	プローブデータ（緯度，経度，方位角，データ取得日時）
出力データ	方位角しきい値外のプローブデータ
パラメータ	角速度しきい値D（単位：度/s） 速度しきい値S（単位：km/h）
処理手順	i 隣接するプローブ点2点の緯度，経度から方位角dを算出 ii 隣接するプローブ点2点の方位角dの差を算出し、方位角しきい値D以上の値かつ速度sが速度しきい値S以上の値を外れ値として抽出 ※ 速度sは「速度による抽出処理」で求めた値

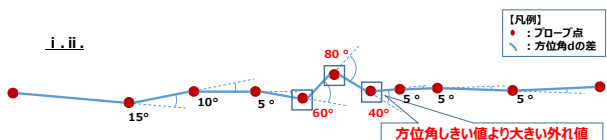


図5 外れ値に着目した舗装劣化診断手法の概要（③角速度）

入力データ	プローブデータ（3軸加速度データ）
出力データ	重力加速度しきい値外のプローブデータ
パラメータ	重力加速度しきい値A（単位：G） 移動平均の時間T（単位：秒）
処理手順	i 各プローブ点の各軸の加速度（x軸100個、y軸100個、z軸100個）の中から、各軸それぞれT秒ごとの移動平均を算出 ii 算出した移動平均を合成し、合成重力加速度を算出 iii 合成重力加速度から最大値と最小値の差を算出し、重力加速度しきい値A以上の値を外れ値として抽出

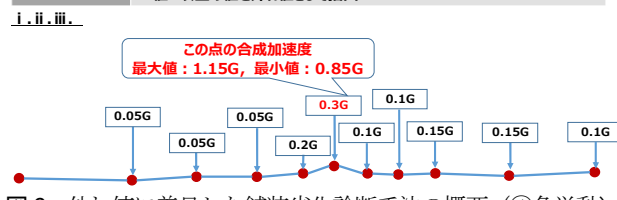


図6 外れ値に着目した舗装劣化診断手法の概要（④急挙動）

(3) 舗装劣化の精密診断計画の立案

簡易診断結果を基本として、既存の路面性状調査，舗装修繕工事の履歴，道路管理者の財政状況等を踏まえた舗装劣化の精密診断計画を立案する。

表-1 各指標における外れ値の判別閾値

指標	判別対象の特性値	判別閾値
経緯度	道路中心線からの距離	10m
加減速	走行速度の差	30km/h
	走行時間の差の検出時間	3秒
角速度	方位角の角速度	30度/s
	角速度を検出する走行速度	10km/h
急挙動	3軸合成加速度の重力加速度との差	0.5G
	移動平均の時間 ※スマホのみ	0.05秒

(4) MMS を用いた舗装劣化の精密診断

舗装劣化の精密検査には，路面性状車両と同等仕様のMMSを用いる。

3. 提案手法による道路舗装点検の試行

(1) カープローブデータの収集・蓄積

カープローブデータの収集・蓄積の対象地域を神奈川県藤沢市とした。同市の協力のもと，公用車のべ129台の車両に端末を搭載した。カープローブデータは，2015年11月から2018年3月までの約29ヶ月間収集した。走行履歴の総取得延長は約340,000kmであった。

(2) 舗装劣化の簡易診断の実施

データ取得期間のうち，2017年4月～6月（3か月間）のカープローブデータを用いて，対象地域全域の舗装劣化の簡易診断を実施し，舗装劣化箇所候補を抽出した。

外れ値に着目した舗装劣化診断手法の閾値設定を表-1に示す。これは，外れ値の判別結果の解釈のしやすさを考慮し，調整したものである。

(3) 精密診断の試行対象区間の選定と精密診断の実施

舗装劣化箇所候補の検出性能の検証に向け，カープローブデータの外れ値指標が一定程度集中している区間を精密診断対象区間として選定した。

精密診断対象区間（12区間）における精密診断に向け，MMS路面性状調査を2018年6月12日に実施した。精密診断は，路面性状調査の方法⁷⁾に準じて，MCI値レベルに分類した。

4. 提案手法の試行結果とその考察

(1) 簡易診断および精密診断の結果

簡易診断および精密診断の結果を表-2に示す。簡易診断結果のうち，鉛直挙動に着目した舗装劣化診断結果は，要補修および要注意と分類された場合，劣化箇所候補の「検出あり」，良好と分類された場合は「検出なし」とみなす。外れ値に着目した舗装劣化診断結果は，4つの指標毎に，外れ値が存在した場合に「検出あり」，存在しなかった場合に「検出なし」としている。精密診断

結果は、MCI 値の LV1～LV3 を「劣化」、LV4 を「健全」とする。その結果は、舗装劣化候補として選定した 10 区間のうち 5 区間が「劣化」となった。また、比較対象として選定した 2 区間はいずれも「健全」となった。

(2) 簡易診断手法の性能評価

提案手法が実運用に資するものかを評価するための観点は、大きく下記の 2 点があると考えられる。

①簡易診断により、舗装劣化している箇所を“適切に”劣化候補（問題箇所候補）として抽出できるか

②簡易診断による舗装劣化箇所候補の絞り込みの的中率は一定程度の水準以上か

①に関しては、今回、舗装劣化箇所候補として選定した区間のみに劣化の判定が存在し、比較対象として選定した区間（舗装劣化箇所候補ではない区間）からは劣化の判定がみられなかった。このことから“絞り込み”が適切に機能しているといえる。

②に関しては、簡易診断で「検出あり」の区間が劣化していた場合、簡易診断で「検出なし」の区間が健全である場合を的中とする。簡易診断で「検出なし」であるものの、劣化している場合は検出漏れといえる。さらに、簡易診断で「検出あり」であるものの、健全である場合は過剰検出と解釈する。手法の深化によりこの部分を小さくすることが、提案手法の実用性を高める。

鉛直挙動に着目した舗装劣化診断では、選定した 10 区間（A～J）のうち、8 区間で的中しており、的中率は 80%である。外れ値に着目した舗装劣化診断では、10 区間のうち 5 区間で実際に劣化がみられたため、的中率は 50%である。2つの簡易診断手法を組み合わせることで、検出漏れがなく舗装劣化区間を絞り込む（劣化箇所を見逃さない）ことが可能であることがわかった。

5. おわりに

本研究は、効率的な道路舗装点検手法を提案し、藤沢

市を対象地域に、実際のカーブローブデータから舗装の劣化箇所候補を簡易診断にて絞り込み、移動計測車両（MMS）による路面性状調査と精密診断を実施し、提案手法の有用性を確認した。

提案手法を実用化に供するには、まず運用スキームとして確立することが今後の課題である。そのためには、①簡易診断における分析手法の深化と、②複数地域での試行による事例の蓄積とを両輪で進めていく必要がある。

本研究の成果を社会実装することで、道路劣化分析の高度化と道路の維持管理の効率化（特に地方公共団体における維持管理コストの低減）に寄与できるように、今後もこれらの課題に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：舗装点検要領（平成28年10月）、<<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>>、（入手 2019.06.14）。
- 2) 今井ら：交通データの分析・可視化基盤に関する取り組み、交通工学、Vol.50, No.1, pp.18-21, 2015。
- 3) 吉武ら：走行映像と社内走行音および車両振動を用いた舗装路面簡易評価システムの開発、土木学会論文集F4, Vol.69, No.1, pp.12-31, 2013。
- 4) 渡部ら：スマートフォンのセンサーデータに基づく路面性状簡易診断サービスの実用性に関する検討、土木計画学研究・講演集、Vol.52, pp.2237-2247, 2015。
- 5) 国土交通省：『路面性状を簡易に把握可能な技術』の試験結果等を公表します～新技術の活用に向けて～、<http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000532.html>、（入手 2019.06.14）。
- 6) 今井ら：カーブローブデータ及びMMSを用いた道路劣化分析の効率化に関する一考察、第33回ファジィシステムシンポジウム、TB2-3, 2017。
- 7) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（第一分冊）[1]-143-167, 舗装設計施工指針, 2007。

表-2 精密診断対象区間の簡易診断結果と精密診断結果による評価

箇所 No.	路線名	簡易診断	簡易診断（外れ値）				精密 診断	判定	
		鉛直挙動	測位誤差	加減速	角速度	急挙動		鉛直挙動	外れ値
A	国道467号	—	✓	✓	✓	✓	LV4	◎	△
B	国道467号	✓	✓	✓	—	—	LV4	△	△
C	神奈川県道304号	✓	✓	✓	—	✓	LV2	◎	◎
D	神奈川県道404号	—	✓	✓	—	✓	LV4	◎	△
E	国道1号～神奈川県道43号間	✓	✓	✓	—	—	LV4	△	△
F	国道1号～神奈川県道308号間	—	✓	✓	✓	✓	LV4	◎	△
G	国道1号～神奈川県道403号間	✓	✓	✓	✓	✓	LV1	◎	◎
H	神奈川県道43号～神奈川県道403号間	✓	—	✓	—	—	LV2	◎	◎
I	神奈川県道43号～神奈川県道403号間	✓	✓	✓	—	✓	LV2	◎	◎
J	神奈川県道43号～神奈川県道403号間	✓	✓	✓	✓	✓	LV3	◎	◎
K	藤沢市道（藤沢市桐原町）※比較対象	—	—	—	—	—	LV4	◎	◎
L	藤沢市道（藤沢市土棚）※比較対象	—	—	—	—	—	LV4	◎	◎

a) 簡易診断の凡例 ✓：劣化箇所候補の検出あり，—：検出なし

b) 判定の凡例 ◎的中，△（検出ありかつ健全）