

特集：ストックマネジメント技術研究の最前線

# 道路の性格・役割を踏まえた舗装の点検技術の開発

渡邊一弘\* 堀内智司\*\* 久保和幸\*\*\*

## 1. はじめに

わが国の道路施設の多くは、戦後本格的な整備が始まり、高度経済成長期に大量の橋梁やトンネルなどが建設され、資産として蓄積されたストック量も相当なものになっている。今後、これらの補修や更新を行う必要性が急激に高まってくるが見込まれ、国・地方ともに厳しい財政状況にある中、いかに的確に対応するかが重要な課題となっている。

このような中、平成24年12月2日に発生した笹子トンネル天井板落下事故等を受け、道路構造物の適切な管理のための基準類のあり方について調査・検討するため、社会資本整備審議会道路分科会道路メンテナンス技術小委員会が設置された。同小委員会は平成25年6月に「道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて」をとりまとめ、点検、診断、修繕等の措置や長寿命化計画等の充実を含む維持管理の業務サイクル「メンテナンスサイクル」の構築について提言がなされたところである。

道路施設の中でも舗装は、「連続性を有する構造物」、「道路のサービスレベルに直結」、「膨大なストック量」等の特徴を有しており、それらを踏まえた「メンテナンスサイクル」の構築が求められる。特に、「メンテナンスサイクル」上の点検において、道路の種別や担っている機能等、その性格・役割を踏まえた技術の活用が求められる構造物である。老朽化が進む道路ストックの総点検の実施に向け参考要領として先般とりまとめられた「総点検実施要領(案)」では、舗装の点検手法として目視評価や体感評価による手法が採用されている。

土木研究所では、舗装の点検技術に関して民間各社と共同研究を実施しているところであり、本稿ではその技術開発状況について、その概要を例示的に報告するものである。

## 2. 従来の点検技術と課題

舗装の点検については、ポットホールの発見と

いった日常点検（道路巡回）とひび割れ・わだち掘れといった路面性状を把握する定期点検、さらにはコア抜き等補修に際して舗装の構造的健全度を把握する詳細点検に大別される。このうち、「マネジメントサイクル」上の点検に位置づけられる情報は主として定期点検によって得られるものである。

従来、定期点検としては、幹線道路を対象として路面性状測定車（写真-1、図-1参照）を用いた路面性状調査が行われている。路面性状測定車は昭和60年代前後から開発・普及が進んでおり、「舗装調査・試験法便覧」（（社）日本道路協会）で定義されるひび割れ率、わだち掘れ量及び平坦性（ $\sigma$ ）といった路面の指標に関する情報が、交通規制を実施することなく走行しながら取得できる。搭載する測定装置に関する性能確認試験を通じて測定精度の検定を定期的に受けているものも存在する。

このように、実績も十分にあり舗装のマネジメントに活かされている点検手法であるが、以下のよう



写真-1 路面性状測定車

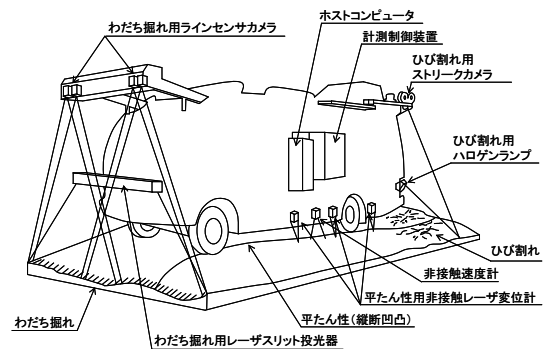


図-1 路面性状測定車の装置構成例

A Development of the road surface survey technology considering the characteristics of the road

な課題も存在している。

- ・測定車両が比較的大型で幹線道路以外での活用には不向きである
- ・わだち掘れ量及び平坦性については測線上の調査であり、局所的な損傷を検出できない場合がある
- ・ひび割れ率の算出は調査後人力での画像判別が通常必要であり、時間・コストがかかる

そこで、土木研究所では、これらの課題について対応すべく、民間各社と路面性状の効率的取得技術の開発に関して共同研究を実施しているところである。本稿ではその例として、点検対象として幹線道路を想定したより高精度に路面の状態を取得する手法である「三次元点群データによる路面の把握手法」、生活道路を想定したより安価に縦断凹凸に関する情報を取得する手法である「車軸加速度による縦断凹凸の把握手法」について、それらの進捗状況を次節以降にて報告する。

### 3. 三次元点群データによる路面の把握手法

#### 3.1 MMSによる三次元点群データ

MMS (Mobile Mapping System : モービル・マッピング・システム) とは、GPS・レーザースキャナ・IMU (慣性計測装置) 等を搭載した計測車両で、通常走行を行いながら車両周辺の高精度な三次元座標データや連続映像等を取得するシステムである。これを用いることによって、道路周辺地物 (例えば縁石、標識等) の三次元データを高効率・低コストで取得 (図-2参照) できることから、道路台帳附図の作成等に既に活用されている。

本技術を舗装の点検に活用することにより、従来の手法のように測線上のデータではなく路面を面として捉えることが可能である。また個々の点群デー



図-2 道路における三次元点群データ取得例



写真-2 改良したMMS

タが三次元座標を有することから計測車両による走行後の計測結果のとりまとめもある程度自動化が可能であり、コスト削減が期待できる。また、同一地点で複数回測定することにより路面の沈下・わだち掘れの進行度の把握することも可能となる。

よって、本研究では路面を対象に高精度な三次元点群データを取得できるようにMMSを改良 (写真-2) し、それを用いた舗装の点検手法のあり方について検討を進めている。

#### 3.2 舗装走行実験場における検証

路面点検手法用に改良したMMSについて、路面のmm単位の変状を把握可能かどうか検証すること等を目的として、舗装走行実験場中ループ (写真-3) で高精度な三次元点群データを取得した。評価方法としては、一定の区間を単位に仮想平面 (基準面) を設定し、そこからの路面の鉛直方向変位をコンター図で示す手法を採用した。図-3に調査結果例を示す。なお、同図では黄色を基準として、赤系統色が (-) (沈下部)、青系統色が (+) (盛り上がり部) である。

舗装走行実験場は、区間毎に試験舗装等が施工されており、敷設時期や舗装構成が異なっている。

49kN換算輪数で走行前と10万輪荷重車走行（N5交通1年相当）後で比較した結果を併せて示している。GPSを用いたMMSを活用することにより、同図のように経時変化を追跡することも容易になり、同じ損傷状況でもその損傷の進行性の差異を把握することが可能となる。

今後、これらの路面の変状の定量化や構造的健全度と路面の変状との確認について検討を続けていくこととしている。

#### 4. 車軸加速度による縦断凹凸の把握手法

##### 4.1 簡易測定車の概要

膨大なストックである生活道路の点検手法として、路面性状測定車のような専用車両を用いた手法ではなく、一般車両の活用を想定した簡易測定車を用いた簡易な点検・評価手法を検討している。

具体的には、走行中の車両の振動応答は路面の縦断凹凸を反映したものであるため、車軸に取り付けた振動加速度から路面性状（縦断凹凸）の評価を試みるものである。なお、運転席や助手席等車両内で振動加速度を計測した場合、車両のサスペンションによる振動の緩和により路面の縦断凹凸の評価に影響を及ぼすことが考えられるため、振動加速度は車軸に取り付けることとしている。簡易測定車の装置構成例を図-4に示す。

写真-3 舗装走行実験場中ループ

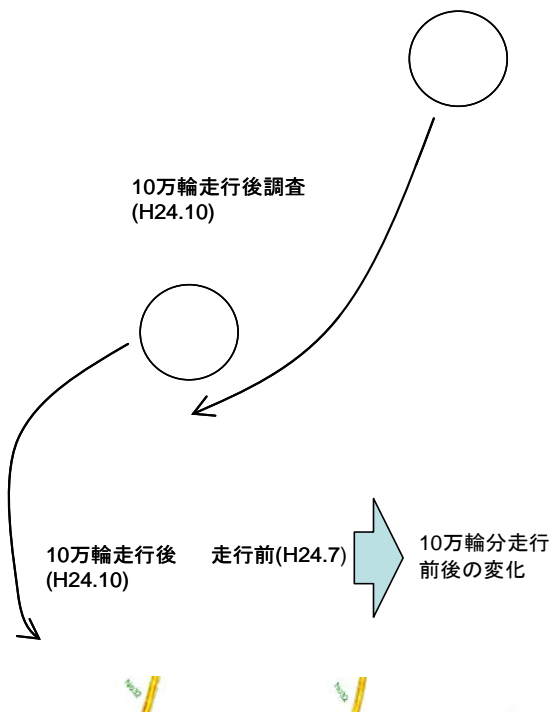


図-3 舗装走行実験場における調査結果例

これにより、わだち掘れの程度もそれら区間毎に異なるものであるが、図-3によって、これらわだち掘れの程度が地点毎に表現可能であることが分かる。さらに、三次元で路面を捉えることにより、従来指標であるわだち掘れ量では判別できなかったわだち掘れの種類（例えば、流動わだちか沈下わだちか等）も推定が可能と考えられ、舗装の損傷とより関連性がある調査となりうると考えられる。なお、横断測線上のわだち掘れ形状については、MRP（Multi Road Profiler：多機能路面測定器）や横断プロフィールメータによるわだち掘れ形状と比較して十分再現されているものであった。

また、図-3中には、わだち掘れの程度が同様の2区間（図のNo.32付近とNo.48付近）に着目し、

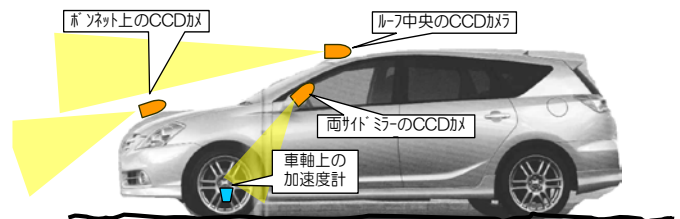


図-4 簡易測定車の装置構成例

##### 4.2 縦断凹凸の評価指標

縦断凹凸の評価指標としては、2.で述べたとおり従来から平たん性（ $\sigma$ ）が一般的に用いられている。これは、タイヤ走行位置における縦断方向の測線上で、1.5m間隔で高さを測定して測線上の平均線と当該高低差を算出し、当該高低差のその平均値に対する標準偏差であり、「舗装の構造に関する技術基準」にて舗装に求められる必要な性能として位置づけられている。

また、1.で述べた総点検要領でも採用され、近年関心の高まっている縦断凹凸の指標としてIRI



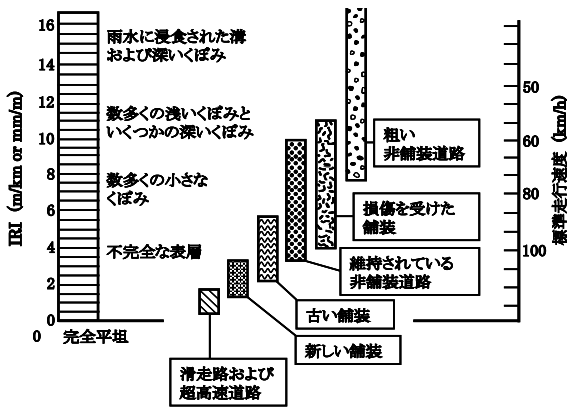


図-5 IRIと路面の状態の関係

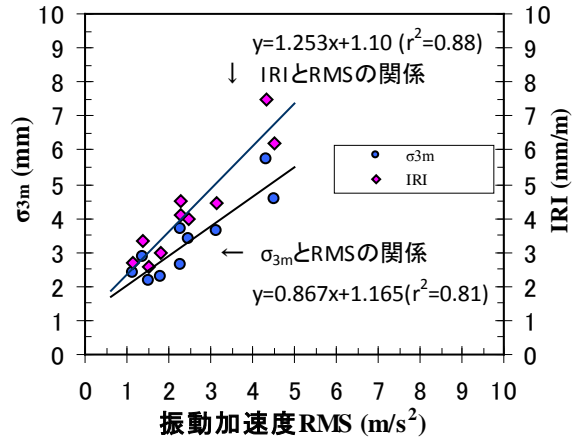


図-6 RMSとσおよびIRIの関係

(International Roughness Index : 国際ラフネス指数) もある。IRIは平成元年に世界銀行が提案した路面のラフネス指標で、「2軸4輪の車両の1輪だけを取り出した仮想車両モデルをクォーターカーと呼び、このクォーターカーを一定の速度で路面上を走行させたときの車を受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比 (m/kmまたはmm/m) をその路面のラフネスとする」と定義されている。IRIにより路面の縦断方向の凹凸レベルについて、図-5のように全く維持作業が行われていない未舗装道路から非常に高い平坦性が要求される滑走路まで同一尺度で評価が可能である。測定方法としては、水準測量による方法からパトロールカーに乗車した調査員の体感や目視による方法まで4クラスが存在しており、様々な道路の路面の状態について、比較的安価に相対比較することも可能である。

簡易測定車を用いた点検により車軸に発生する振動加速度が計測できるため、これら縦断凹凸に関する情報が得られることが考えられる。

### 4.3 一般市道における検証

一般市道の路面状況が異なる7路線において、簡易測定車を用いた調査を行った。使用車両は1,800ccのバンタイプの車両であり、車軸に取り付けた加速度計で測定される鉛直方向の振動加速度を解析することとした。

解析手法として、サンプリング周期2,000Hzで得

られる鉛直方向の振動加速度データを一定間隔毎にRMS (Root Mean Square、二乗平均平方根) 処理を行うこととし、その結果とσ、IRIの関係を示したものを図-6に示す。なお、走行速度は当該路線の規制速度を目標とした定常走行である。

図-6より、振動加速度の二乗平均平方根RMSとσおよびIRIの関係は、寄与率0.8以上と相関性が高く、振動加速度から縦断凹凸を評価可能であることが示唆された。

今後は、多種多様な路線における調査や、走行速度、使用車両等の測定条件を変化させた調査の実施、さらには補修の優先度の評価方法などについて検討を加えていくこととしている。

## 5. おわりに

本稿で取り上げた技術は実施中の共同研究の一部であり、その他取組中のものを含め様々な技術の適用が考えられる。道路の性格・役割は様々であり、道路利用者と直接接する舗装のマネジメントにも様々な取組レベルがあり、その点検手法も一つに限られるものではない。

ここでの研究活動等を通じ、道路の性格・役割に応じた点検手法を提案し、「メンテナンスサイクル」の確立や効率的な舗装の維持管理に寄与していきたい。

渡邊一弘\*



独立行政法人土木研究所つくば  
中央研究所道路技術研究グループ  
舗装チーム 主任研究員  
Kazuhiro WATANABE

堀内智司\*\*



独立行政法人土木研究所つくば  
中央研究所道路技術研究グループ  
舗装チーム 研究員  
Satoshi HORIUUCHI

久保和幸\*\*\*



独立行政法人土木研究所つくば  
中央研究所道路技術研究グループ  
舗装チーム 上席研究員  
Kazuyuki KUBO