

## 三次元点群データを用いた新たな路面評価手法の開発

中村 博 康・森 石 一 志・渡 邊 一 弘

従来、幹線道路を中心に効率的な舗装管理として、路面性状測定車を用いた路面性状調査が行われている。しかし、中長距離の調査が短時間で済む一方で、人的作業で行う解析に時間を有するといった課題も存在する。最近では、MMS (Mobile Mapping System) を用いた効率的な地図・台帳の整備等が近年進められている。そこで、高密度レーザスキャナを搭載した改良型のMMSを作製し、路面性状調査の効率化に向け、この改良型のMMSにより取得できる三次元点群データの集合体による路面の把握手法についての検討を行い、三次元点群データを基に作成したコンター図により路面凹凸の度合いを評価する手法を開発した。

キーワード：舗装，路面性状測定，MMS，三次元点群データ，路面凹凸体積

### 1. はじめに

我が国の社会資本は、1960年代から1970年代初頭にかけて急ピッチに整備され、この高度成長期に整備された多数の構造物が一斉に老朽化の時期を迎える。そのため、今後は既存ストックの補修や補強対策、それに必要な予算措置など様々な維持管理問題が表面化すると思われる。しかし、世界的な景気の動向に加え、国内においては生産年齢層の減少、急激な少子高齢化、高齢社会に対応する福祉重視の必要性などから、社会資本への投資は制約を受けざるを得ない状況にある。また近年では、国内の公共事業予算も縮減されてきており、道路分野を取り巻く環境も極めて厳しい状況にあるといえる。このような中において、蓄積され

た社会資本のひとつである道路網の維持・更新の需要が高まってくることを考えれば、より効率的かつ効果的な管理・運用が求められるのは必至であると思われる。

道路における路面性状調査は、現在、路面性状測定車により調査し、区間内のひび割れ率、わだち掘れ深さおよび平坦性を指標としてデータを取得することが一般的である<sup>1) 2)</sup>。わだち掘れ深さおよび平坦性は面的な評価ではなく測線上の評価であり、局所的な損傷を検出できない場合がある。(平坦性：通常、左車輪通過部付近の縦断測線，わだち掘れ深さ：通常20m間隔の横断測線)

一方で、地図・台帳の整備等に近年活用されているMMS (Mobile Mapping System) は、車両にGPS、



写真一 1 MMS 前方



写真一 2 MMS 後方

IMU（慣性計測装置）、カメラ、レーザスキャナなどのセンサを搭載した移動体計測装置であり、効率的に道路および周辺構造物の三次元情報を収集することが可能である（写真—1 および 2）。

本手法の開発に先立ち、まず改良型 MMS と現在路面測定に使用されている測定装置とを比較し、その精度について確認した。その後、取得された三次元点群データの集合体による路面の把握手法についての検討を行い、三次元点群データを基に作成したコンター図により路面の変状が確認可能かを検討した。具体的には、路面を対象に高精度な三次元点群データを取得し、路面を測線上ではなく面として捉えて舗装を評価する手法を検討したものである。なお、GPS 等により個々の測定点の位置特定技術を有する MMS を用いることにより、調査後の解析も省力化（例えば、位置情報として絶対座標での管理）できるものと考えている。

## 2. 改良型 MMS の概要

MMS（Mobile Mapping System：モービル・マッピング・システム）とは、GPS・レーザスキャナ・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（図—1）。

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、同一地点を経年的に計測することにより路面の沈下・わだち掘れの進行度



図—1 三次元データ取得例

を把握することも可能となる。主な機能として、高密度レーザスキャナにより路面および道路周辺の構造物の三次元点群データを取得し、2基のGPSで位置情報を取得する。

## 3. 舗装走行実験場における測定

### (1) 測定概要

改良型 MMS の路面の mm 単位の変状把握の可能性を検証することなどを目的とし、独立行政法人土木研究所の舗装走行実験場中ループを使用し、三次元点群データの取得を実施した（図—1）。

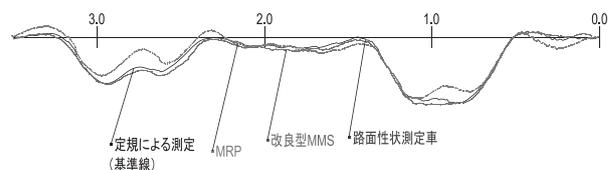
### (2) 測定方法

測定方法は、横断形状およびわだち掘れ深さは 5 m ピッチで横断測線を設けて測定を行った。また IRI や平坦性などの縦断形状に関する測定は、外側線内側から 75 cm の部分をわだち部（OWP）とした。

### (3) 事前検討

評価手法の検討を行う前に、改良型 MMS の測定精度について確認を行った。5 m ピッチの横断測線においてそれぞれの断面で直線定規による方法（5 cm ピッチ）、検定済み路面性状測定車による方法（1 cm ピッチ）、MRP（マルチロードプロファイラ、1cm ピッチ）を用いた方法、そして改良型 MMS の三次元点群データを用いた方法で、それぞれの断面測定路面の横断形状を測定した（図—2）。結果から、改良型 MMS の点群データを用いた方法により再現する横断形状は、その他の方法と類似しており、改良型 MMS で取得される三次元点群データの測定精度に問題がないことが確認できた。

次に、改良型 MMS、路面性状測定車および MRP から算出された IRI を比較した（図—3）。なお、今回の改良型 MMS の IRI は、点群で得られた路面の三次元データの側線近傍上の縦断プロファイラ（25 cm ピッチ）を基に算出したものである。この結果から、改良型 MMS により算出された IRI は、路面性状測定



※縦横軸の縮尺を変えているため差が大きくなっているが、すべての測定結果は、実測値に対し±3mm以内に入っている。

図—2 各測定装置による横断形状比較

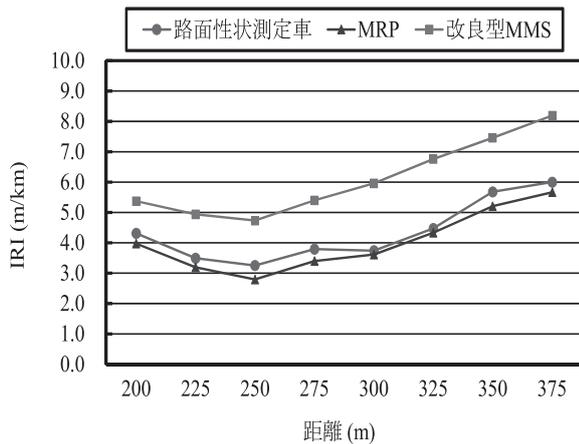


図-3 IRIによる比較

車およびMRPと比べて同傾向であるものの1~2程度大きくなった。

#### 4. 評価手法の検討

##### (1) 路面コンター図による路面凹凸の可視化

続いて三次元点群データを使用した路面性状の評価手法の検討を行った。三次元点群データの取得は3.と同様、土木研究所の舗装走行試験場で行い、横断方向の測定範囲は左右両側の外側線の内側の部分である3.5mとした。点群データは鉛直方向の座標を個々有していることから、それを精緻な標高の形で表現すれば路面の凹凸が評価可能であると考えられる。今回の検討ではIRIと同様に供用直後の平坦な路面を想定した仮想平面を作成し、それに対する高低をコンター(色

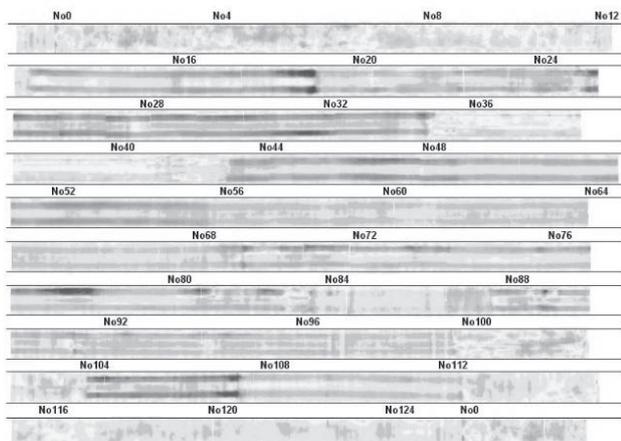
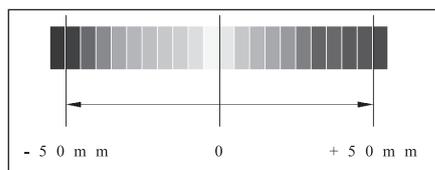


図-4 路面コンター図

分け)で示すこととした(図-4)。

##### (2) 路面の凹凸体積による評価手法

###### a) 凹凸体積の算出方法

上述したように路面コンターは路面の凹凸の状態を分かりやすく表現しているが、数千、数百kmに及ぶ膨大な管理延長に対して舗装の状態を効率的に把握することは困難であり、何らかの指標で定量化することが必要である。そこで今回の検討では、路面の凹凸体積に着目した。その算出手法は以下のとおりである。

- ・両側の白線を基準とし、各測点ごとに仮想平面を10cm × 10cmのメッシュに分割する(図-5)。
- ・分割されたメッシュにおいて、仮想平面と計測された凹部および凸部の点群データから生成された面で囲まれた部分の体積を算出する。
- ・全ての凹部・凸部のメッシュ体積を合計したものを凹凸体積とする。(変動体積(絶対値)の総和)

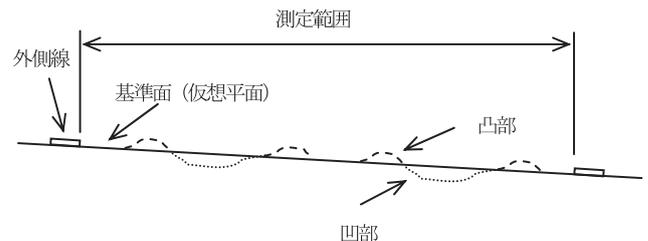


図-5 路面の凹凸部および基準面

###### b) 凹凸体積を使用した路面性状評価方法

改良型MMSの点群データから得られた路面の凹凸体積と路面性状測定車のわだち掘れ深さの結果を示す(図-6)。実道を対象としたデータではないものの、舗装走行実験場内の様々な舗装構造・供用年数の舗装を対象として測定した結果であり、ある程度の相関性を有していると言える。また、道路維持修繕要綱<sup>4)</sup>の維持修繕要否判断の目標値に該当する路面の凹凸体積を見ると、自動車専用道路のわだち掘れ深さが25mmであるのに対し路面の凹凸体積が0.14 m<sup>3</sup>、交通量の多い一般道路のわだち掘れ深さ30~40mmに対し、路面の凹凸体積が0.16~0.20 m<sup>3</sup>に該当し、従来の維持修繕の基準にも適用できる可能性があることが確認できた。さらに路面の凹凸体積とコンターを上下に重ねると、コンターの色分けが定量化できていることが分かる(図-7)。

### 5. おわりに

開発した手法の内容を以下に記す。

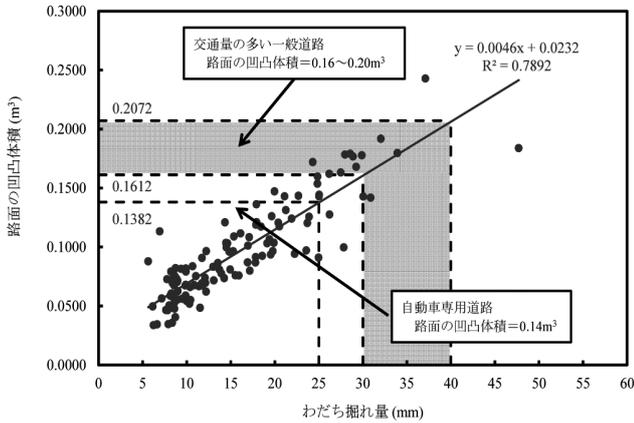
(1) 事前検討の結果から、改良型 MMS の点群データを用いた方法により再現する横断形状は、その他の方法と類似しており、改良型 MMS で取

得される三次元点群データの測定精度に関して一定の確認が行えた。

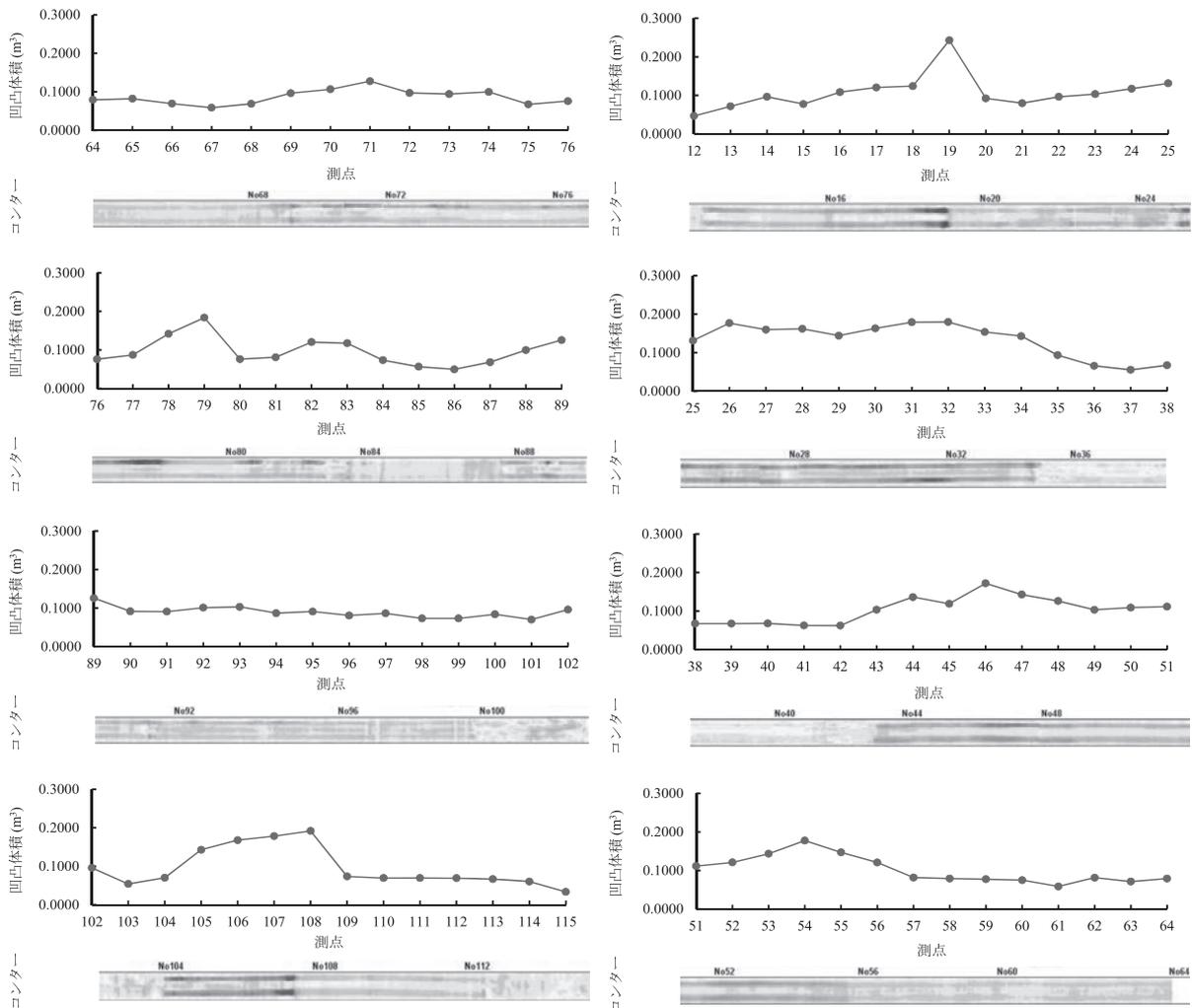
(2) 路面コンターによる路面性状の可視化から、仮想平面を（供用直後の平坦な路面に相当）作成し、それに対する高低をコンター（色分け）で示した結果、わだち掘れの程度を明確に表現できた。

(3) 路面の凹凸体積による評価手法から、路面性状測定車から算出したわだち掘れ深さと改良型 MMS から算出した路面の凹凸体積は相関があり、またコンターとの比較により路面の凹凸体積という指標は路面の変状を的確に表すことができる。

今後は、本手法を用いて実路での改良型 MMS を用いた更なる三次元点群データの収集・分析を実施し、日常管理におけるデータの活用手法や構造的健全度との関係など、引き続き効率的な路面評価手法の検討を



図一六 コンターと路面の凹凸体積



図一七 コンターと路面の凹凸体積

行い、本手法の改善改良を行うこととしている。

**謝辞：**本手法は（独）土木研究所、大林道路（株）、三菱電機（株）、（株）NIPPOで実施している「路面性状の効率的取得技術に関する共同研究」において開発された成果である。データ取得に際し尽力頂いた関係者各位に感謝の意を表す。



《参考文献》

- 1) 国土交通省：総点検実施要領（案）【舗装編】（参考資料），<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/roadstock06.pdf>
- 2) 国土交通省：舗装の調査要領（案），[http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo3\\_1\\_10.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo3_1_10.pdf)
- 3) 社団法人日本道路協会：道路維持修繕要綱，p.68，1978.7

【筆者紹介】

中村 博康（なかむら ひろやす）  
株式会社 NIPPO  
総合技術部 技術研究所 研究第2グループ  
副主任研究員



森石 一志（もりいし かずし）  
大林道路株式会社  
技術研究所  
主任研究員



渡邊 一弘（わたなべ かずひろ）  
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



## 平成 25 年度版 建設機械等損料表 発売中

■平成 24 年度版に対する変更点

- ・ 損料算定表の「諸元」欄を拡大，諸元記載要領も変更し読み易さを改善
- ・ 損料算定表の「燃料油種・消費率」欄の記載要領を変更し読み易さを改善
- ・ 関連通達・告示に「東日本大震災の被災地で使用する建設機械の機械損料の補正について（通知）」を追加

■B5判 モノクロ 約 682 ページ

- 一般価格 7,700 円（本体 7,334 円）
- 会員価格（官公庁・学校関連含）6,600 円（本体 6,286 円）
- 送料（単価）600 円（但し沖縄県を除く日本国内）  
注 1）複数冊発注の場合は送料単価を減額します。  
注 2）沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

### 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>