

スマートフォンを用いた路面性状計測評価の 自治体への適用事例

八木 浩一¹・阿部 長門²

¹正会員 バンプレコーダー株式会社 (〒115-0045 東京都北区赤羽 1-59-6-102)

E-mail: yagi@bumprecorder.com

²正会員 東亜道路工業株式会社 技術本部 技術営業部長 (〒160-0004 〒106-0032 東京都港区六本木 7-3-7)

E-mail: n_abe@toadoro.co.jp

自治体における道路維持管理は従来、目視による日常パトロールと数年に1回のごく一部の区間のみを対象とした専用車両による計測により行われてきた。スマートフォンや IoT 機器の普及、コンピュータ性能の向上、通信環境の高度化に伴い、日常パトロールと同時に自動的に路面性状計測ができるようになった。本稿では会津若松市での取組事例を報告する。同市では 2014 年 12 月から道路課のパト車 3 台を含め延べ 29 台にスマートフォンを設置して日常パトロールなどと同時に路面性状の簡易計測を実施し、すでに市内全域の 5 年分の継続的な路面性状データを得ている。加えて 2016 年 6 月から日常パトロールの巡視日報作成を手書き記録からスマートフォンを使った記録に切り替え、日報作成工数の低減と簡易補修箇所データのデータ化も進めてきた。これらの取り組み事例と、得られたデータを活用した補修優先順位設定のための評価得点決定方法（会津モデル）について報告する。

Key Words: 路面性状計測, IRI, 舗装補修計画, スマートフォン

1. はじめに

会津若松市では路線数 5054 路線、延長距離 1407km の道路を管理しており、舗装率は 68% である。このうち約 800km を日常的に巡回パトロールし、点検と同時に簡易補修を行なっている。加えて MMS による路面性状計測も実施しているが、5 年に 1 回で 100km 程度にとどまっている。このような状況のもと、巡回パトロールや市民からの情報をもとに舗装補修計画を策定してきた¹⁾。これに対して 2014 年 12 月からスマートフォンを用いた路面性状の簡易計測と巡視日報作成を進め、舗装補修計画策定への活用を目指し、補修優先順位設定のためのデータをもとにした評価得点決定方法（会津モデル）の検討に取り組んできた。本報文ではこの内容について報告する。

2. スマートフォンを用いた路面性状の簡易計測

(1) 簡易計測の方法と得られるデータの内容

2014 年 12 月から道路維持課のパトロール車 3 台を含め延べ 29 台にスマートフォンや IoT 端末を設置し（写真-1）、巡回パトロールなどの際に加速度と GPS 情報を

収集している。車のエンジン ON/OFF に合わせて計測開始、終了、データ送信され、職員の操作は一切不要なため、移動時は常にデータを記録し、市内全域のデータを収集している。収集データは 1 秒毎の GPS 位置情報、1 秒に 100 回以上の加速度データ、機器によってはジャイロデータも収集している。



写真-1 公用車でのデータ収集

図-1 に各年度の延べ計測距離・計測日数を示す。取り組み開始から約 2 年はトライアルの位置づけで計測距離・日数とも少なかったが、2016 年度以降は本格運用と

なりほぼ毎日計測が行われている。2016～2018 年度は市内循環バスにも搭載されていたこともあり平日稼働日数以上の計測となっている。

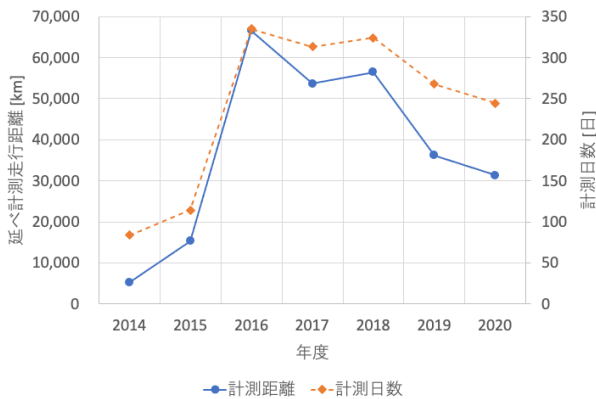


図-1 各年度の計測距離・計測日数
(2020年度は年度前半を日割りした見込み)

得られたGPSデータと加速度データから縦断プロファイルを算出して路面性状を分析している²⁾。巡回パトロール対象 800km に対して各年度延べ 5 万 km 以上計測しているので、平均するとそれぞれの路線・区間を月に 5 回程度分析していることになる。分析指標は IRI, 平たん性 σ , 測線ひび割れ率, および段差高である。区間長は局所的な状態を反映しやすい 20m 強をはじめ 40m 強, 80m 強, 160m 強を算出している。

(2) 簡易計測のデータの精度

この取り組みにあたり、従来の MMS による路面性状データと簡易計測データの比較を行なった。図-2 に平たん性 σ の比較, 図-3 にひび割れ率の比較を示す。MMS は IRI 計測を行っていないため比較していない。MMS は 2015/11 計測の 1 回のデータ, 簡易計測は 2015/12 ~ 2016/7 計測の複数回のデータである。図-2 の平たん性 σ を見ると簡易計測は MMS と良い相関を示しており、計測ごとの値も安定していることが分かる。

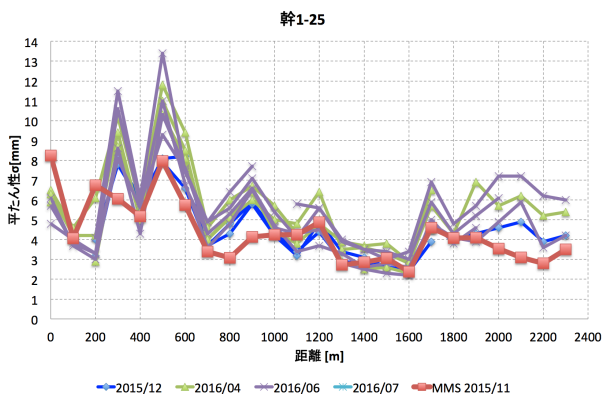


図-2 MMS と簡易計測の比較 (平たん性 σ)

図-3 のひび割れ率は、簡易計測結果がまれに大きくはずれるケースが見られた。MMS は路面全体に対するひび割れた面積の割合で表すが、簡易計測はタイヤ接地面から生じる加速度をもとに計測し走行距離に対するひび割れた路面上を走行した距離の割合で計算され、路肩部や道路中央部のひび割れが反映されない。ひび割れ上を通ると高い値となるが、外れて通ると小さい値となりばらつきが大きい。反映しているものが異なるため簡易計測では「測線ひび割れ率」と呼称している。MMS と異なる特性を持つことを理解しておく必要がある。一方、平たん性 σ はその定義から MMS も簡易計測もタイヤ通過位置 (測線上) で計測しているため、延長に対する値の変化が類似しており、値も安定している。

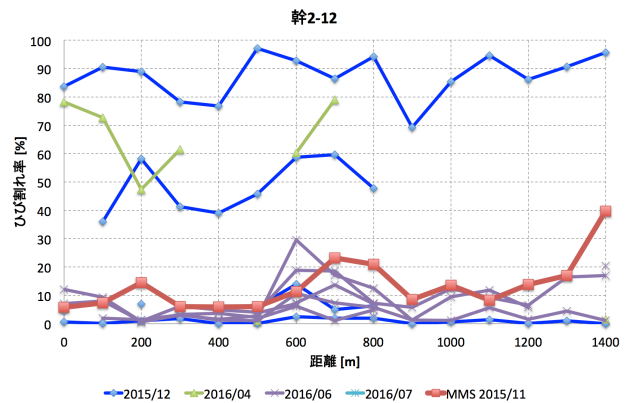


図-3 MMS と簡易計測の比較 (ひび割れ率)

3. スマホを用いた日常パトロール巡視日報作成

(1) 簡易補修箇所のデータ化方法

従来手書きにより記録・作成していた日常パトロールの巡視日報作成を 2016 年 6 月からスマートフォンを使った記録・作成に切り替えた。このアプリでは図-4 のように写真やコメントを GPS 情報付きで記録できる。



図-4 スマホによる点検・補修記録

手書き記録に多くみられた、路面補修、縁石補修、路面清掃、土のう改修、カーブミラー調整から選択するようにして入力しやすくしている。従来、事務所に戻り手書きで日報作成していたが、現在は印刷するだけで日報作成でき、工数削減と同時にデータ化も実現した。またこれまでは地名で記録し点検箇所、補修箇所が曖昧だったが、GPS 記録により、図-5に示すように日常パトロール時に行なった簡易補修箇所の分布を正確に把握できるようになった。

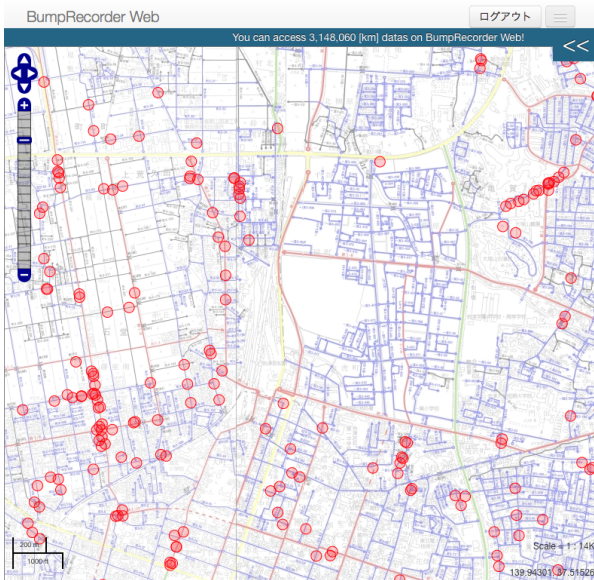


図-5 簡易補修箇所の分布

報に記録された補修箇所を重畳した図を示す。横軸は路線の起点からの距離、縦軸は年月である。月ごとの IRI の中央値を求め、 $IRI=0[mm/m]$ を水色、当該経路の平均値を黄色、平均値の2倍を赤色として色分け表示した。緑丸で補修箇所と時期を示している。これを見ると600m付近ではIRIが悪くかつ補修も多く、一定の相関があることが分かる。しかし300m付近ではIRIは悪いが補修記録はなく、IRIが悪ければ必ず補修が多くなるわけではないことは明らかである。

市内の重要な22路線(上下線合計85km)を対象に、計測指標と簡易補修の関係を調べた。区間長20m強のIRI、測線ひび割れ率を求め、同じ計測値ごとに総区間数と補修区間数を集計し補修割合を求めた。その結果を図-7に示す。横軸は計測値、縦軸は補修割合である。左はIRIと補修割合の関係を示す。右肩上がりの傾向が見られ寄与率 $R^2=0.17$ 、中は測線ひび割れ率との関係を示し $R^2=0.32$ 、右はIRIと測線ひび割れ率の合計値との関係を示し $R^2=0.45$ であった。IRI+測線ひび割れ率の相関が最も高くなったのは、IRIと測線ひび割れ率の双方が悪い場合に補修割合が上がることを示唆していると考えられ、これを評価指標に用いるのが合理的と思われる。

また R^2 が0.5を下回っているということは、簡易補修要否は簡易計測結果では示されない他の要因の影響も大きいことが示唆されるため、舗装の状態評価には簡易計測(データ計測)と巡視日報(目視結果)の双方を用いるのが良いと考えられる。

(2) 簡易計測と簡易補修箇所の関連性

次に簡易計測結果と補修箇所に関連性があるかを確認した。図-6に簡易計測結果と、データ化された巡視日

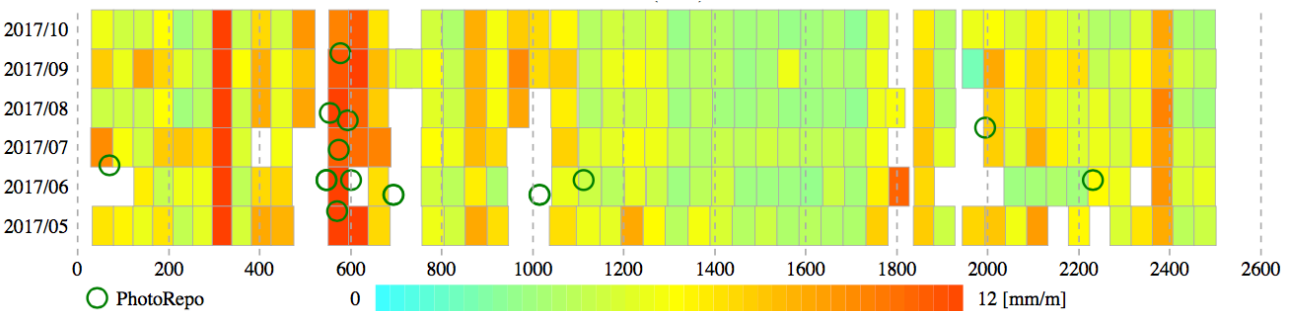


図-6 簡易計測結果 (IRI の月間中央値) と簡易補修箇所の関連性

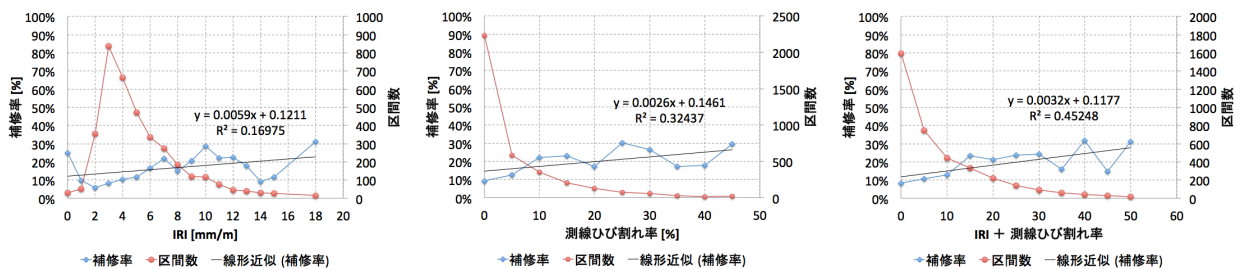


図-7 計測指標と補修割合の関係 (左: IRI, 中: 測線ひび割れ率, 右: IRI+測線ひび割れ率)

4. 補修優先順位設定のための評価得点決定方法

(1) 評価得点決定方法

これまで、舗装補修計画策定の管理基準として MMS で計測した MCI と IRI を用いていたが、調査が 5 年に 1 回で対象路線も主要道路に限定されていることや、MCI 管理から個別指標管理への移行も考慮し、簡易計測データと簡易補修データの活用を検討した。データを得点に換算し、さらに道路利用形態を加味して評価得点を求める。従来 IRI については表-1 に示すとおり 8[mm/m] 以上を損傷レベル大と判定していたので、 $IRI=8[mm/m]$ を 3 点に換算する。舗装点検要領の「ひび割れ率 40[%] 以上を損傷レベル大」との記載に準じ、測線ひび割れ率 40[%] を 3 点に換算する。補修件数は 1 件 1 点とし、さらに道路利用形態ごとに得点を加算する。各項目に重み係数を掛け、合計を評価得点とする。この評価得点は値が小さいと健全、大きいと損傷が進んでいることを示す。

表-1 従来の管理基準 (IRI)

0~3[mm/m]	損傷レベル小
3~8[mm/m]	損傷レベル中
8[mm/m]以上	損傷レベル大

表-2 に管理水準のまとめを示す。評価得点の計算例を示すと IRI が 4[mm/m] のときは、 $4 \div \text{管理水準} \times \text{得点} = 3 = 1.5$ 点、9[mm/m] のときは、 $9 \div 8 \times 3 = 3.4$ 点だが 3 点で頭打ちとする。当該区間が $IRI=4[mm/m]$ 、測線ひび割れ率 = 20[%]、補修件数 = 3 件、バス路線かつ通学路であれば、 $(1.5 \times 0.4) + (1.5 \times 0.3) + (2 \times 0.2) + (0.3 + 0.4) \times 0.1 = 1.52$ 点となる。

表-2 評価得点算出の管理水準

項目	管理水準	得点	重み係数
IRI	8[mm/m]	3	0.4
測線ひび割れ率	40[%]	3	0.3
補修件数	2	2	0.2
道路利用形態	バス路線	0.3	0.1
	通学路	0.4	
	観光地	0.3	

(2) 主要路線での評価結果

市内の重要な 22 路線 (上下線合計 85km) を対象に、検討内容に基づき 2018 年に 2017 年度のデータを用いて評価得点を求めた。これを地図上に色分け表示したものを図-8 に示す。表-3 に区間長 20m 強ごとに求めた評価得点の分布割合を示す。健全な側からの割合では 1 点未満 54%、1.5 点未満 82%、2 点未満 98%、損傷の大きい側

からでは 2 点以上 2%、1.5 点以上 18%、1 点以上 46% であった。区間の評価得点から路線ごとの平均を求めた結果 (路線評価得点) を表-4 に示す。評価得点が高い順に幹 I-6、若 3-206、幹 II-11 と続き、幹 II-43 がもっとも小さい値となった。

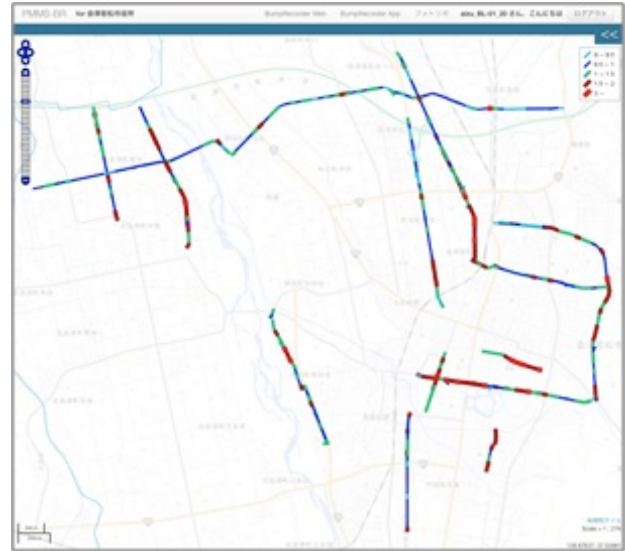


図-8 検討路線の評価得点分布

表-3 評価得点分布割合

評価得点	割合	累積
0~0.5	9%	9%
0.5~1.0	45%	54%
1.0~1.5	29%	82%
1.5~2.0	15%	98%
2.0~	2%	100%

表-4 路線評価得点

路線	評価得点
幹 I-6	1.50
若 3-206	1.43
幹 II-11	1.36
:	:
幹 II-43	0.61

(3) 郊外路線の評価結果

郊外の幹線道路の評価得点を図-9、図-10 に示す。本路線は西側の国道と東側の主要地方道を結ぶ市道で区間により損傷形態が異なる。評価得点が高くなる値となった区間 A の路面状況を写真-2 の左側に示す。ここは河川橋梁と山裾の地域で、段差やわだち割れが進展しひび割れ幅が広い。これに対し評価得点が高くなる値となった区間 B、写真-2 の右側では、細かいひび割れが発生しており、紫外線などによるアスファルトの老化の影響が大きいが乗り心地は良好な区間である。評価得点がそ

れほど悪くない区間 B の補修は、写真-3 に示す雨水浸透を抑制する常温型簡易補修材での検討を進めた。

2019 年度と同じ路線の評価得点の状況を図-11、図-12 に示す。補修を行った区間 A では茶色・赤の表示が青に変わり補修後の改善状況が見て取れる。

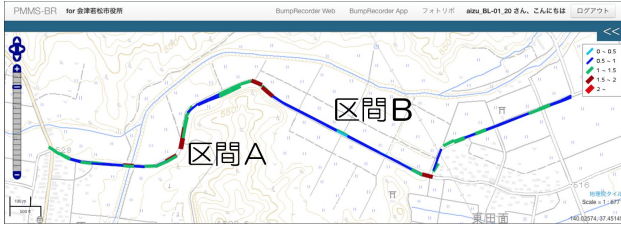


図-9 会津若松市郊外の幹 I-25 の評価 (2017 年度)



図-10 区間 A 拡大図 (2017 年度)



写真-2 現場路面状況(左：区間 A, 右：区間 B)



施工前 施工後
写真-3 常温型簡易補修材の検討

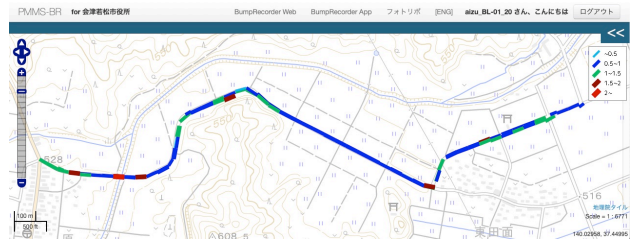


図-11 会津若松市郊外の幹 I-25 の評価 (2019 年度)

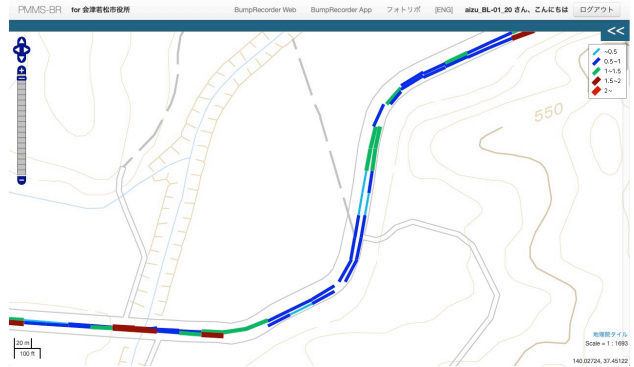


図-12 区間 A 拡大図 (2019 年度)

5. まとめ

会津若松市では「スマートシティ会津若松」の推進を掲げている。その一環として道路維持分野においても、スマートフォンを活用した路面性状調査と巡視点検、簡易補修履歴のデータ化を進めてきた。さらにこれを活用した舗装補修計画策定（会津モデル）に取り組んでいる。今回は重要な 22 路線についての評価を紹介したが、すでに市内全域の計測と補修履歴のデータ化が済んでいることから、他路線についても同様の評価が可能である。

参考文献

- 1) 会津若松市市道舗装補修計画 <http://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2016121600010/>
- 2) 八木浩一，自動車のばね上観測加速度からの路面縦断プロファイルの推定とその精度検証，土木学会舗装工学講演会，2013
- 3) 高野康弘，阿部長門，八木浩一：北陸道路舗装会議，スマートフォンを用いた路面性状の簡易計測をもとにした舗装補修計画策定の取り組み，2018

Case study of pavement condition inspection and evaluation by using smartphone at municipality.

YAGI Koichi, Nagato ABE

Previously, pavement maintenance management of the municipality was done by measurement data which was collected by specialized vehicle once a time in a few years for a part of selected road. Currently, automatic regular measurement is possible because it is according to penetrate smartphone, IoT device and scale up computer specification, and speed up telecommunication. In this paper, case study of the Aizu-wakamatsu city is reported. Aizuwakamatsu was starting regular data collection by using smartphone which built on 29 vehicles including 3 regular patrol vehicles, it can collect data on the road patrol at same time, and they already collect data for 5 years. In addition, they changed regular patrol daily reporting method from previous hand writing to current smartphone style. It can reduce man-hour to make report for each daily patrol, and it can digitize human judgement and simple repair location. It is reporting this practical example and road evaluation score method (Aizu Method) to make prioritization for road repair planing.