

路面性状測定手法におけるGoProの有用性について

新潟大学 非会員 ○齋藤 空 学生会員 関根 伊吹
新潟大学 正会員 金澤 伸一

1. 研究背景・目的

我が国における高度経済成長期に整備された社会基盤構造物は、約 50 年を経過する施設の割合が急激に増加している。特に、道路延長は 122 万kmを超え、膨大なストック量となっている。地方部においては県市町村道が道路総延長のうち 95%以上を占めており、多くの箇所が舗装劣化が進み、効果的な道路維持管理が求められている。一方で公共事業予算の大幅な減少、さらに技術者不足も重なり厳しい体制の中で維持管理を行っている。このような状況から、平成 28 年 10 月に舗装点検要領が策定され、舗装の適切な点検と予防保全型の舗装維持管理のための目視や機器による舗装点検方法が導入された。それを用い効率的な修繕の実施が求められており、簡易かつ効率的な舗装点検技術の需要が高まる中、研究開発が進められている。民間企業においても、積極的に開発が進められており、平成 29 年度から点検支援技術性能カタログが四国地方整備局において、新技術活用システムのテーマ設定で公募が始まり、令和 5 年 3 月時点では 13 技術が掲載されている。既往の研究では、ハイビジョンカメラと三軸モーションセンサ、GPS アンテナ、記録用 PC を一般車両に実装し、評価した。しかし、用いている三軸モーションセンサ等の測定機器は精密機器であることからコストがかかってしまう問題点がある。

そこで本研究では、市販のアクションカメラを一般車両に実装し走行することで振動加速度、GPS データを取得する。また、取得したデータから IRI を推定し、簡易かつ効率的な路面性状評価手法の開発を最終目標とし、本研究では GoPro の有用性を確かめることを目的とする。

2. IRI の概要

乗り心地や舗装の損傷等と関連づけ舗装の評価に用いる指標として IRI (国際ラフネス指数; International Roughness index) が世界銀行から提唱され現在世界各国で使われている。

我が国では、平成 25 年、国土交通省道路局より出された「総点検実施要領(案)舗装編」により、今後の

路面縦断凹凸評価は IRI を用いることとされた。

IRI の特徴は、世界各国で用いる共通的な指標となるよう高速で走行する整備された舗装道路から、低速で走行する非舗装道路までの様々な道路に適用できることがある。このため、IRI の測定方法も世界各国の事情に応じて 4 段階の方法が採用できるようになっている。

本研究では車輪等の上下移動量や上下加速度から路面の凹凸の程度を数値化し、IRI に換算する方法であるクラス 3 を用いた。クラス 3 の特徴としては簡易なセンサー類を用いることで、多少精度は落ちるものの、効率よく測定可能である。そのため、コスト、簡易性の面から予算の減少や技術者不足という課題にアプローチが可能である。

3. 研究方法

(1) 測定方法

図 1 に本技術の測定車の概要を示す。カメラには GPS 搭載の GoProHERO11 を採用し、一般車両のボンネットに設置して、走行しながら上下振動加速度 (100Hz)、GPS (100Hz)、走行速度 (100Hz)、の計測および動画撮影 (60fps)、を行った。測定データの出力には無料のサードパーティ WEB アプリ

「Telemetry Extractor for GoPro」を使用した。カメラの設置には、GoPro 社純正アクションカップマウントを用いた。なお、路面からの振動を受けやすくするため、他の設置器具は使用せず、マウントとカメラを直接的に連結した。走行速度においては約 40~60km/h の範囲とした。また、図 2 に測定範囲を示す。



図 1 測定車の概要



図 2 測定範囲

(2) 算出方法

IRI は一定の速度で路面上を走行した時の車体を受ける上下方向の運動変位の累積値 (mm) と走行距 (m) との比であり、IRI は式 (1) で定義される。

$$IRI = \left\{ \int_0^{L/V} |\dot{z}_s - \dot{z}_u| dt \right\} / L \quad (1)$$

ここで、 z_s :ばね上質量の高さ (mm)、 z_u :ばね下質量の高さ (mm)、 \dot{z}_s 、 \dot{z}_u : z_s 、 z_u の時間の導関数 (m/s)、 L : 走行距離 (km)、 V : 走行速度 (22.2m/s = 80km/h)、 t : 時間 (s) である。

本研究では、車体を受けるばね上のみを、鉛直方向の加速度から重力加速度 (9.81m/s²) を差し引いた変位の値を代入し、IRI 推定値として算出する。基本単位として、評価区間 20m ごとに、「健全」、「表層維持管理段階」、「修繕段階」の3段階で評価する。

4. 評価結果

本研究では、本技術の整合性を確かめるために新潟市が R4 年に簡易に把握可能な技術で測定した新潟県道 16 号新潟亀田内野線を対象路線とした。測定時にはデータの均一性を担保するために、第3走まで実施した。本技術は加速度から IRI を算出するため、平面時でも IRI が加算されてしまう。そのため、路面の凹凸を算出するために、走行データから得られた加速度から重力加速度を引いた値を真の加速度として採用した。しかし、**図3**のように上下変位が過少に評価されてしまうため補正を要する。**図4**に、本技術と新潟市のデータを用いて回帰分析を行った結果を示す。決定係数 $R^2=0.70$ を得られたことから回帰式を補正関数として採用した。**図5**に、補正した結果を示す。その結果、真値である新潟市 IRI の診断区分に収めることが確認された。

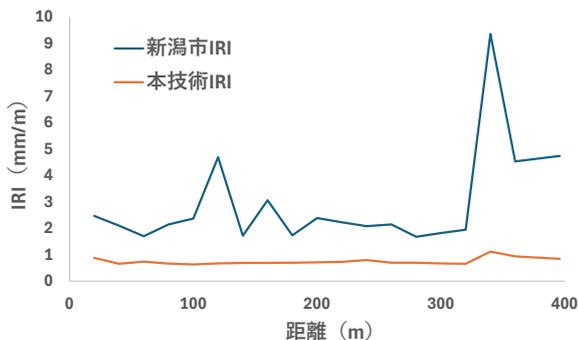


図3 新潟市と本技術 IRI の比較

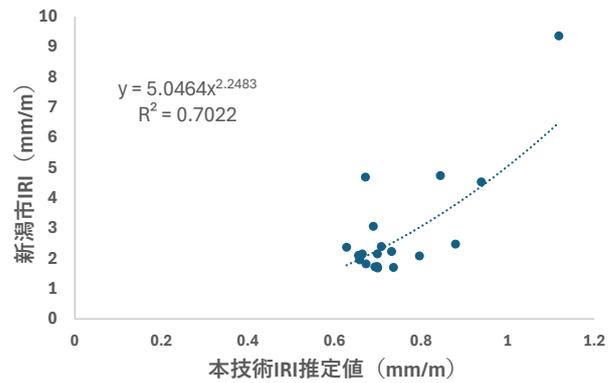


図4 新潟市と本技術 IRI の相関

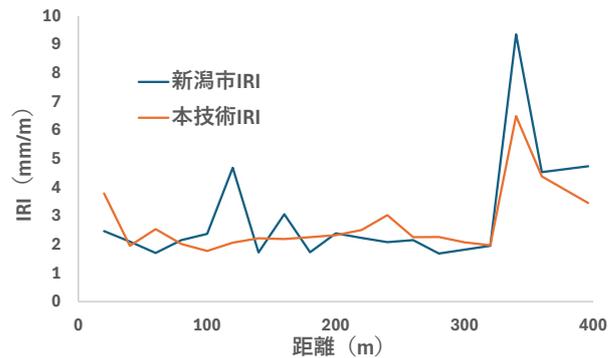


図5 新潟市と本技術平均 IRI の比較

5. まとめ・今後の展望

本研究では真値の IRI 値の算出方法をもとに、一定速度で走行したときの車体を受ける鉛直方向の加速度の累積値と走行距離の比を用いた評価を行うことで IRI 推定値を算出することができた。この結果から、路面性状測定における GoPro の有用性が確かめられた。しかし、新潟市の IRI 値と本研究の IRI 推定値には整合性が見られなかった。その要因としては走行位置や GPS の精度不足、補正関数の使用等が挙げられる。本研究の算出方法においては、鉛直方向の加速度を諸量として用いたため、路面の凹凸を正しく算出することができなかった。今後は機械学習による IRI 推定精度の向上、画像解析によるひび割れ率、わだち掘れを算出し、路面性状評価手法の確立を目指す。

6. 参考文献

- 1) 浅田拓海：マルチモーダル AI を用いた簡易カメラ搭載型 IRI 測定技術の開発，土木学会論文集 E1 (舗装工学) Vol.78, No.2, I_191-I_199 2023
- 2) 国土交通省. “舗装点検要領”. 2016/10/17.
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo28_10.pdf. (2024/10/03)
- 3) 財団法人土木研究センター. “路面の IRI (国際ラフネス指数) を測定する各種測定方法の精度比較”. 2017/12/22
<https://www.pwrc.or.jp/s-pdf/1410-P056-059.pdf>. (2024/10/03)