

簡易計測された IRI の統計的精度評価と局部変状の識別

東京大学 学生会員 ○山口 優生
 東京大学 正会員 蘇 迪
 東京大学 正会員 薛 凱
 東京大学 正会員 長山 智則

1. はじめに

高度経済成長期に大量に整備された道路舗装の老朽化が進む現代、道路の効率的な維持管理の重要度は増している。路面平坦性は路面性状を評価する主要な要素であり International Roughness Index (国際ラフネス指数、IRI)によって評価される⁽¹⁾。現在 IRI 計測は専用車両によるものが主流だが、高コストであるため計測頻度は限定的で、計測対象路面も高規格道路に限られる。これに対し著者らは一般車両を利用した IRI 簡易計測システムの開発を行っている。車体に設置したスマートフォンのセンサにより車両の振動応答を計測することで IRI の算出を行う。車両の改造等を必要せず、安価に定量的な調査ができるため、高頻度、かつ一般道路に対しても調査可能である。さらに内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)⁽²⁾の一環として、平成27年度から約3年間にわたり、本システムをバスやタクシー等業務車両に適用した大規模走行実験が行われた。業務車両の走行経路に沿った車両応答はビッグデータとして蓄積されている。

本研究では、SIPの走行実験による車両応答のビッグデータを利用して、計測条件に由来する IRI 変動要因を調べ、それに応じた適切なデータ整理によって精度を向上させる。そのうえで、簡易 IRI 計測システムの統計的精度を解明する。また求めた統計的精度を踏まえ、評価区間長などの調整を通して、局部的な路面状態や経時変化の識別可能条件を明らかにする。

2. 研究の概要

(1) 計測データの概要

簡易計測システムによるデータとして、SIPの大規模走行実験で集積された大阪府豊中市のデータを用いる。さらに IRI 推定にあたっては、車両パラメータ同定手法等を従来手法から改善した、長山らによる IRI

推定手法⁽³⁾を適用し、前後輪位置の路面縦断形状の推定量の差を最小化する。

(2) 分析対象道路の概要

表 1 分析対象道路⁽⁴⁾

路面	路線	対象区間長[m]	24時間当たり交通量[台]	旅行速度[km/h]	サンプル数	経時変化分析対象	局部変状分析対象
A	国道176号	240	18896	20.9	155	○	○
B	曽根箕面線	168	-	-	-	○	-
C	国道176号	78.1	18896	20.9	155	×	×
D	国道479号	33.3	31209	17.9	1021	×	×
E	国道423号	14.7	11899	14	154	×	×
F	府道2号(大阪中央環状線)	17.9	12286	14.5	312	×	×

道路等級や交通条件などを踏まえ、豊中市内で、表1に示す7つの路線を対象として分析を行った。対象路面は局部変状がなく計測期間で明らかな経時変化は見られない路面 C~F とする。また、主に高速道路を対象に実施される現行の路面性状調査では、IRI 算出における評価区間長は 100~200m に設定されることが一般的だが、局部的に路面性状が損なわれている地点の情報は平準化され識別されない。そこで本研究では、各路面に対して評価区間長は 100m および 20m で計算し、各ケースの統計的精度を求めた。

3. 計測条件の影響を考慮したデータ整理

計測条件が IRI 推定結果に及ぼす影響を考慮してデータ整理を施したうえで、簡易計測によって得られる IRI データの精度を推定する。

(1) 走行経路の一致

IRI 値は評価区間長 (例えば 100m) の範囲の路面状態の代表値である。そのため同一の地点の数値であっても、交差点などが含まれる場合には走行経路によって評価区間が異なる。そこで本研究では、評価区間長の範囲での走行経路が一致するデータのみを抽出した。

(2) 計測車両への依存性の排除

計測には同一車種 14 台の車両が用いられた。計測車

両への依存性を排除するため、計測車両別に IRI を算出すると HHT005 による計測精度が明らかに悪かった。そこで以降の分析において HHT005 による計測データを排除した。

(3) 統計的精度の究明

以上のデータ整理を行ったうえで、簡易計測で得られる IRI データの精度を検討した。まず IRI 結果の統計的分布モデルを調査した。路面 C~F、評価区間長 2 種類について、計 8 つのケースを対象に、正規分布、対数正規分布、 γ 分布、ガンベル分布、一般化極値分布の最適モデルパラメータを最尤法によって特定し、簡易計測で得られる IRI データは γ 分布に従うと結論付けた。 γ 分布に従う精度は、評価区間長 100m では変動係数 18%、評価区間長 20m では変動係数 25% であった。

4. 路面性状の識別可能条件

本章では、IRI 簡易計測システムを用いた路面性状調査における、局部変状または、路面性状の経時変化の識別可能条件を明らかにする。

(1) 局部変状の識別

路面 A には Google のストリートビュー機能を用いた調査から、区間内に存在する 3 つの交差点部分において劣化がみられた。簡易計測によるデータから局部変状が定量的に識別されるかを検証した。走行経路に沿って IRI の推移をプロットすると (図 1)、評価区間長 20m に設定することで交差点にあたる地点の IRI が明らかな増大が示された。短評価区間長での精度低下を考慮しても、交差点部・非交差点部での IRI 分布は 1 σ 区間の重複なく分布することが示された。

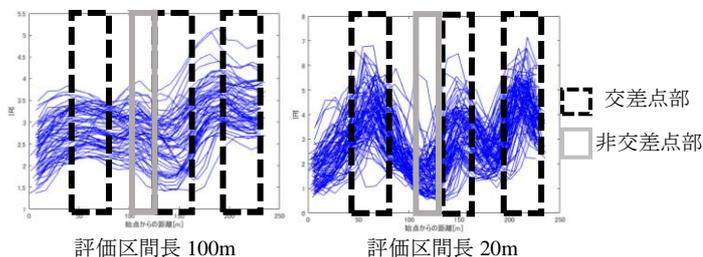


図 1 路面 A における IRI の推移

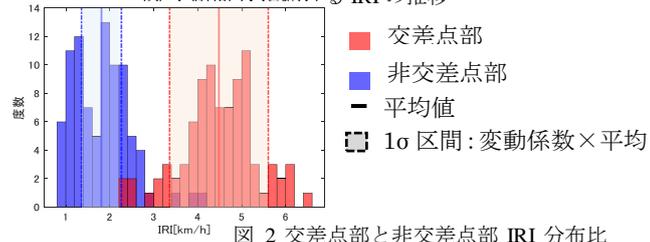


図 2 交差点部と非交差点部 IRI 分布比

(2) 経時変化の識別

路面 B では全長 168m にわたる区間全域で、2016 年に舗装修繕工事が行われた。外観からはその変化は明らかでないが、簡易計測により定量的に改善を確認できるかを検証した。なお区間全域の IRI 平均を検討するため評価区間長 100m を採用した。計測日と区間平均 IRI 値の関係をプロットした図 4 から、2016 年 10 月 11 日以前と 2017 年 2 月 16 日以降に明らかな路面性状の改善が示された。



図 3 路面 B 工事前後の外観 (Google Streetview より)

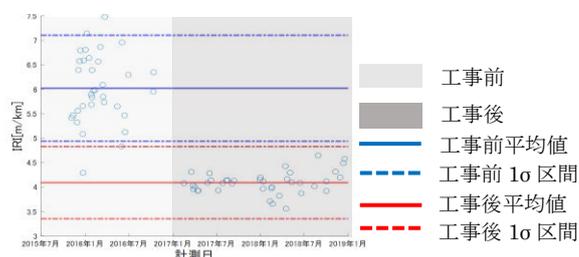


図 4 路面 B 計測日と IRI の関係

5. まとめ

本研究の成果は以下のとおりである。

- ・業務用一般車両を用いた大規模な簡易 IRI 計測の精度は評価区間長 100m では変動係数 18%、20m では変動係数 25% である。
- ・簡易 IRI 計測システムを用いた路面性状の識別に関して、評価区間長を 20m とすることで交差点に生じる局所的な路面劣化を識別できた。
- ・170m 程度の舗装修繕工事区間について、工事前後の比較から路面性状の改善を定量的に確かめられた。

参考文献

- (1) Sayers et al, Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, World Bank Technical Paper Number 46, 1986
- (2) 内閣府 (2021.12.0, <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>, アクセス)
- (3) 長山智則, 趙博宇, 薛凱: 走行時の車体振動を利用したハーフカーモデルの同定と路面縦断形状の推定, 土木学会論文集 E1, Vol.75, No.1, pp.1-16, 2019.
- (4) 日本デジタル道路地図協会: DRM データベース