

BRIを用いた実道における自転車走行路面評価の可視化に関する基礎的研究

北見工業大学

学生会員

○明田 拓士

北見工業大学

学生会員

橘 奎伍

北見工業大学

正 会 員

高橋 清

北見工業大学

正 会 員

富山 和也

北海道大学大学院

フェロー

萩原 亨

1. はじめに

社会環境の変化により、自転車の果たす役割は環境負荷の低減や健康増進、観光振興など広がりを見せている。自転車の利用拡大に伴い、安全で快適に通行できる自転車走行路の整備が求められており、そのためには自転車からみた路面平坦性の評価が必要であると考えられる。

本研究グループの先行研究では、自転車からみた路面平坦性の評価指標として *BRI* (*Bicycle Ride Index*) が構築され、*BRI* の路面への適用性を検証するため、試験路を用いて自転車走行実験を行っている¹⁾。しかし、多様な路面性状が存在する実道における検証は十分であるとは言い難い。そこで本研究では、多様な路面性状が存在する実道への適用性を検証するため、実道の路面プロファイルから *BRI* を算出し、*BRI* を用いた実道における自転車走行路面の評価手法について検討することを目的とする。

2. BRI の概要

路面評価指標として、国際ラフネス指数 (*IRI* : *International Roughness Index*) がある。これは、80 km/h で走行した際のサスペンションストローク累積値を走行延長で正規化した値と定義され、車道の路面管理に用いられている。しかし、先行研究で明らかにされたように、*IRI* は乗用車の振動特性をもとに構築されているため、路面凹凸に起因する自転車の乗り心地を反映したものとはなっていない。そこで、図-1 に示される自転車の振動特性を考慮した自転車振動モデルを開発し、このモデルを用いた路面評価指標として *BRI* を提案した²⁾。*BRI* は *IRI* の定義に倣い、15km/h で走行した際の、自転車のハンドル部質量 (ばね上) と前輪フレーム部 (ばね下) 質量の相対変位の累積値を走行距離で除した値と定義されている。この定義のもと、自転車振動モ

デルに路面プロファイルを入力し、シミュレーションを実行することで、ばね上とばね下の変位を算出し、式 (1) に代入することで *BRI* が算出される。また、*BRI* と主観評価との関係から、*BRI* は自転車の乗り心地を反映した評価指標であることが明らかとなっている。

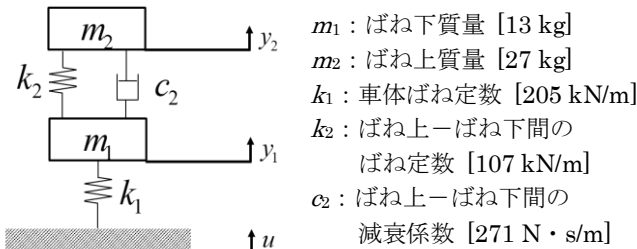


図-1 自転車振動モデル

$$BRI = \frac{1}{L} \int_0^{L/V} |y_2 - y_1| dt \quad (1)$$

y_1 : ばね下上下方向速度(m/s) L : 評価区間長(m) t : 時間(s)
 y_2 : ばね上上下方向速度(m/s) V : 走行速度(m/s)

3. 実道における自転車走行路面の評価手法の検討

3.1 路面プロファイルの測定と路面性状の記録

本研究では、実道における自転車走行路面の評価手法を検討するため、北海道北見市において、4つの区間を設定し、簡易路面平坦性測定装置であるモバイルプロフィロメータ (MPM : Mobile Profilometer) を用いて、路面プロファイルを測定した。MPM とは、測定車両における任意の一輪に加速度計を 2 つ設置し、車両走行時にそれら 2 つの加速度計より得られる上下加速度から、逆解析により路面プロファイルを測定し、*IRI* を算出する装置である。測定の概要を表-1 に示す。

表-1 路面プロファイル測定概要

測定日	2022 年 11 月 21 日
測定場所	区間 A, B : 北見市国道 39 号 区間 C : 夕陽ヶ丘通り, 区間 D : 南大通り
測定距離	区間 A, B, D (各 2.8km), 区間 C (4.8km)
測定位置	車道左側の車道外側線付近

実道 (車道左側) の路面性状を記録するために、自転車のハンドル部にアクションカメラ (GoPro Hero10) を

取り付け、路面プロファイル測定時と同一の区間を走行した。図-2のように、アクションカメラで記録した画像データから路面の損傷を確認した。



図-2 アクションカメラで記録した画像データ

3.2 BRIの可視化

BRI を用いた自転車走行路面評価を可視化するために、各区間における BRI を算出し、マップ上にプロットすることを試みた。各区間の BRI を 30m 間隔で算出した結果を図-3 に示す。路面性状を記録したアクションカメラを用いて確認したところ、BRI の値が 6mm/m 以上のときにひび割れやポットホールなどの損傷が確認された。

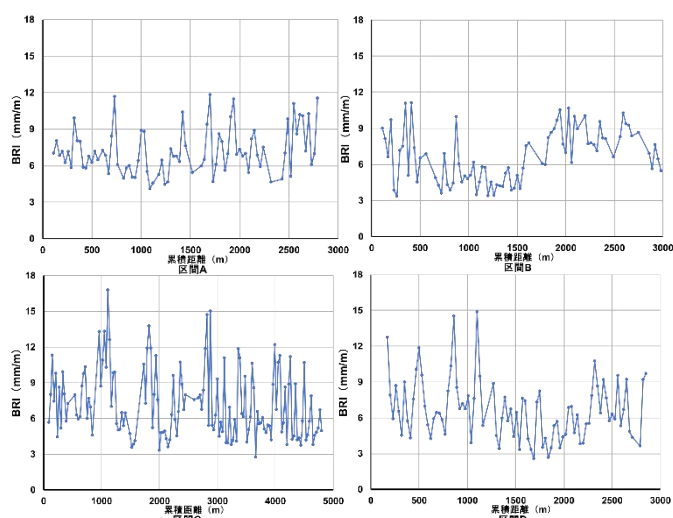


図-3 BRI 算出結果

次に、路面プロファイル測定時に使用した MPM の GPS データから BRI を算出した地点を抽出し、Google Earth Pro を用いて、路面評価マップを作製した。

また本研究では、路面の損傷が 6mm/m 以上で確認されたことと算出した BRI の値の範囲が 2.6~16.8mm/m であったことを考慮し、4つの階級を設定した。

3.3 路面評価マップによる自転車走行路面の評価

作製した路面評価マップを図-4 に示す。階級が小さい順に青、緑、黄、赤と色分けを行った。区間 B に着目すると、東側は青いアイコンが多く、西側は緑のアイコ

ンが多くみられる。よって、区間 B の東側は自転車で行きやすく、西側はやや走りにくい路面であるといえる。このように、路面評価マップにより BRI を視覚的に確認でき、路面の評価が可能であると考えられる。

また、路面の損傷が確認された BRI が 6mm/m 以上のアイコンにアクションカメラで記録した路面性状の画像データを挿入した。図-5 は路面評価マップの区間 C の一部分を示したものである。アイコンをクリックすると路面性状の画像データが表示され、路面の損傷状態を確認することが可能となった。

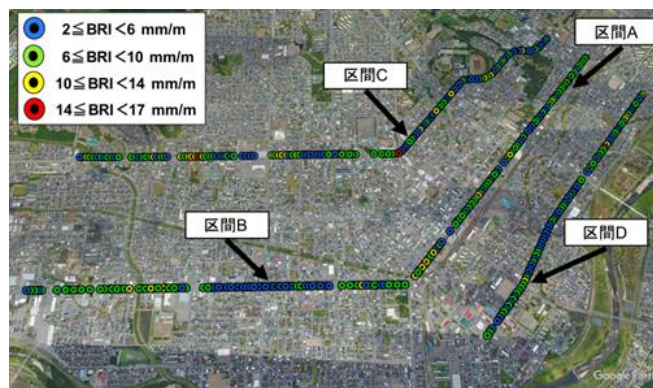


図-4 路面評価マップ

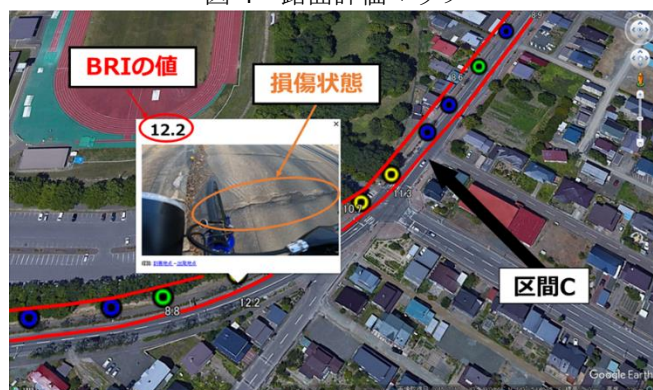


図-5 路面評価マップ (区間 C)

4. おわりに

本研究では、実道における自転車走行路面の評価手法の検討にあたって、路面評価マップを作製し、BRI を可視化させた。可視化させた結果、BRI の値が高い路面とアクションカメラで確認した路面の損傷箇所が一致しており、自転車走行路面の評価が可能となった。

路面評価マップの作製にあたって、本研究では、4つの階級を設定したが、適切であるとは言い難い。今後は、実道での走行を重ね、路面の損傷状態に合わせた階級の設定を行う必要がある。

参考文献

- 岡部光樹ら：自転車振動モデルを用いた路面平坦性の評価指標の構築，土木学会論文集 E1（舗装工学），Vol.75，No.2，舗装工学論文集第 24 巻 I_67-I_75，2019。
- 佐々木優太ら：路面平坦性評価のための自転車振動モデルの開発，土木学会論文集 E1（舗装工学），Vol.74，No.3，舗装工学論文集第 23 巻 I_85-I_93，2018。