

自転車路面評価システムの開発に向けた *BRI* スケール構築に関する基礎的研究

北見工業大学 学生会員 ○松岡 龍祐
 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

1. はじめに

我が国では COVID-19 の流行から、「新しい生活様式」において自転車の活用が推奨されている。今後、自転車交通需要の高まりが想定される中、安全で快適な自転車走行路の整備には、自転車からみた路面平坦性の評価が必要である。しかし現状の路面平坦性は、主に乗用車を対象に評価されており、自転車を対象とした評価は多くはない。一方、先行研究¹⁾では、自転車からみた路面評価指標 *BRI* (Bicycle Ride Index) について検討されているが、それをを用いた路面管理手法は開発段階にある。そこで本研究では、自転車走行路の管理基準値の算出を可能とする自転車の特性を考慮した路面評価尺度として、*BRI* スケールを構築することを目的とする。

2. *BRI* の概要

車道の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十分に反映された結果となっていない。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が開発され、このモデルを用いた路面評価指標として *BRI* が提案された¹⁾。*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。

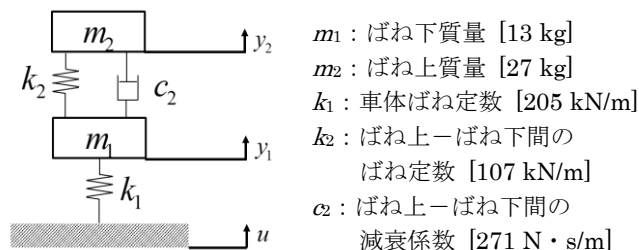


図-1 自転車振動モデル

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

式(1)

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

3. *BRI* スケールの検討

3.1 *BRI* スケールの概略

既存の路面評価尺度としての *IRI* スケールは、*IRI* と舗装の状態、標準的な走行速度との関係性を示す評価尺度である (図-2)。*IRI* スケールを用いることで、走行速度に対応した各舗装の管理基準となる *IRI* を算出できる。一方、*BRI* は自転車版 *IRI* として *IRI* に倣って構築されており、*BRI* スケールも *IRI* スケールと同様の手法で自転車走行路の管理基準値を算出可能であると考えられる。そこで本研究では、*BRI* と舗装の状態、走行速度の関係性を示す自転車からみた路面評価尺度として *BRI* スケールを検討する。

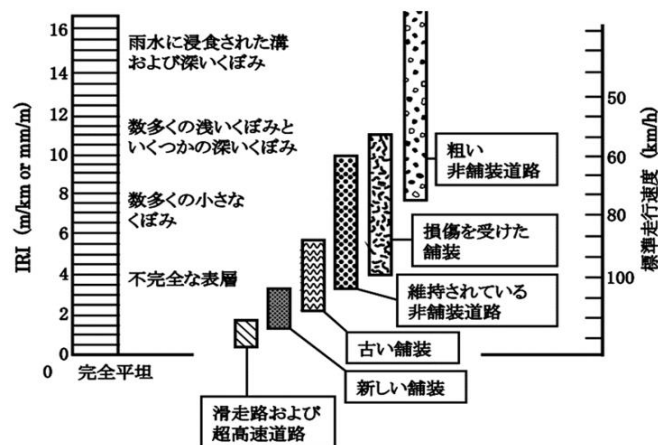


図-2 *IRI* スケール²⁾

キーワード 自転車振動モデル, 評価指標, 評価尺度, 乗り心地評価, 路面平坦性

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 北見工業大学 社会環境工学専攻 TEL 0157-26-9526

3.2 自転車体感評価実験

BRI スケールの構築に当たり、乗り心地評価を用いて管理基準値を算出するため、自転車体感評価実験を行った。実験概要を表-1 に示す。主観評価アンケートについては図-3 に示す様式で路面ごとに行い、許容可能性の評価に加え、5段階の尺度に線を引き、長さの比から乗り心地評価を数値化した。また、設定した3路面について、地上型三次元スキャナーを用いて路面プロファイルを取得した。なお、先行研究においても4路面で同様の実験が行われており、本研究には計7路面の主観評価と各路面プロファイルから算出したBRI, IRIを用いた。

表-1 実験概要

実施日	2021年7月30日, 10月7日
実験場所	オホーツク地域創生研究パーク A,B,C 路面
参加者数	4名(7月), 2名(10月)
参加者の属性	男性6名(20代:4名, 30代:1名, 50代:1名)
使用自転車	クロスバイク(モデル開発時と同一のもの)
調査概要	主観評価アンケートによる乗り心地評価
走行速度	15km/h (BRIの定義に従う) 15km/h, 25km/h, 30km/h (7月A路面のみ)

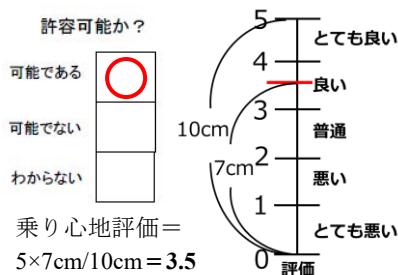


図-3 アンケート様式

3.3 BRIに対応した舗装状態の設定

舗装状態とBRIの関係性を示すため、各路面のIRI値を算出し、IRIスケールを用いて3種類の舗装状態に分類した。次に、各路面のBRI値を算出し、分類された路面のBRIの最大値と最小値を用いて、舗装状態ごとにBRIの範囲を設定した(表-2)。

表-2 路面状態とBRIの範囲

舗装状態	BRI (mm/m) の範囲
古い舗装	4.0~6.4
維持された非舗装, 損傷を受けた舗装	5.4~7.8~12.3
粗い非舗装	14.3~28.1~

3.4 許容基準BRIの算出

主観評価アンケートから算出した、各路面における許容可能と回答された割合と範囲を限定したBRIの関係性をBRIの範囲を限定して図-4に示す。本研究では、被験者の90%が許容可能と評価するBRI値を許容基準BRIと仮定し、図-4から10.5mm/mと算出した。また、その時の走行速度を実験の基準速度である15km/hと設

定し、基準速度で走行した際、ほとんどの被験者が許容可能とする路面はBRIを10.5mm/m以下にする必要があることが示された。

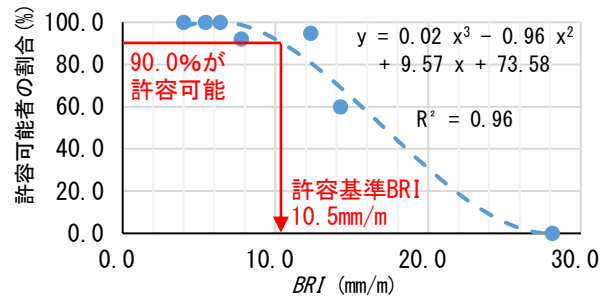


図-4 許容可能者の割合とBRIの関係性

3.5 走行速度の設定

A路面における3種類の走行速度と乗り心地評価の平均値(MPR)の関係から、MPRが最も高いときの走行速度を算出した結果25.5km/hに設定した。

3.6 BRIスケールによる路面評価

以上の結果より、図-5に示すBRIスケールを構築した。BRIスケールから、15km/hで「維持されている非舗装 損傷を受けた舗装」を走行する際はBRIを10.5mm/m以下となるように路面管理する必要があると読み取れる。同様に25.5km/hで「古い舗装」を走行する際はBRIを4.0mm/m以下となるように路面管理する必要がある。このように、BRIスケールは、走行速度に対応した舗装の状態と路面管理の基準となるBRIが算出できる路面評価尺度であり、BRIによる自転車走行路の路面管理が可能になると考えられる。

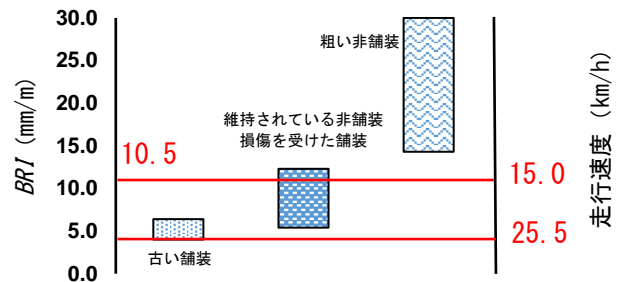


図-5 クロスバイクのBRIスケール

4. おわりに

本研究では、クロスバイクにおける路面評価尺度としてBRIスケールを構築した。今後は、様々な舗装が存在する実道で走行実験を行うとともに、多様な車種を考慮したBRIスケールを検討する。

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.
- 国土交通省道路局：舗装点検要領, 平成29年3月