

路面平坦性に着目した自転車走行環境の評価に関する研究

北見工業大学 学生会員 ○佐々木 優太
 北海道大学大学院 学生会員 渡辺 健太
 北見工業大学 正会員 高橋 清
 北海道大学大学院 フェロー 萩原 亨
 北見工業大学 正会員 富山 和也

1. はじめに

近年、自転車を観光に取り入れたサイクルツーリズムが注目されている。北海道においても、平成28年3月に閣議決定された国の計画である第8期北海道総合開発計画において、サイクルツーリズムの推進が挙げられている。サイクルツーリズムを推進する上で、自転車走行環境の整備やその評価は重要であり、特に路面平坦性は自転車の安全性や、乗り心地などの快適性に関わる。しかし、自転車から見た路面平坦性の評価に関する既存研究は少ない。

そこで本研究は、自転車走行環境の総合的評価の基礎となる、路面平坦性に着目した自転車走行環境の評価手法の構築を目的とする。特に今回は、実道および大学構内の道路において路面性状調査と主観評価を実施し、それら取得されたデータにより自転車振動モデルの構築を行うことを目的とする。

2. 実道における路面性状調査・主観評価

(1) 調査方法

実道において、測定車を用いた路面性状調査と、自転車(クロスバイク)の乗り心地、路面許容可能性に関する主観評価を行った。調査概要を表-1に示す。

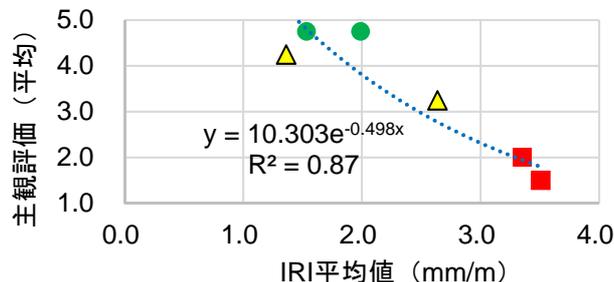
表-1 実道における路面性状調査・主観評価概要

実施場所	北海道上川町 国道39号
対象区間(L=500m)	自転車用路面標示あり:1区間(区間①) // なし:2区間(区間②③)
測定位置	路肩, 車道左側
主観評価(4名)	・自転車走行時の乗り心地を5段階評価(Very Good:5点~Very Poor:1点) ・路面の許容可能性を評価

(2) 結果・考察

3区間の100m毎の国際ラフネス指数(以下, IRI)を算出し、区間毎にIRIの最大値と平均値を求めた。IRIは、自動車の振動特性に基づいた路面平坦性の評価指標である。図-1にIRI平均値と主観評価(平均)

の関係を示す。IRIが高くなるにつれ、主観評価が低くなっており、IRIと主観評価の関係性が概ね得られていると考えられる。しかし一部において、IRIが高く、かつ主観評価の高いデータも存在した。



● 区間① ▲ 区間② ■ 区間③

図-1 IRI平均値と主観評価の関係

また、主観評価の路面許容可能性より、サイクリストに許容されるIRIの基準値(以下、許容基準IRI)を、「許容可能」と答えた中でのIRI最大値(a)と、「許容不能」と答えた中でのIRI最小値(b)を用いて、(1)式のように設定した。

$$\text{許容基準 IRI} = (a+b) / 2 \quad (1)$$

計算の結果、区間毎のIRI最大値、平均値の許容基準IRIは4.0(mm/m)、3.2(mm/m)となり、この値付近でサイクリストの許容性が変化すると考えられる。

3. 自転車振動モデルの構築

(1) 路面プロファイル・自転車加速度データ取得

前節において、IRIと主観評価の関係が逆転している部分が存在した。これは、IRIが自動車の振動モデルがベースになっているためと考えられる。そこで本研究は、大学構内の道路において路面プロファイルと、その路面を走行した際の自転車の上下加速度データを取得し、自転車振動モデルを構築した。

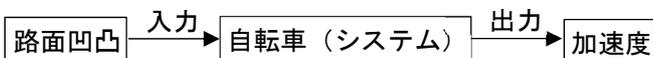


図-2 自転車振動システム

キーワード 自転車, 走行環境, 路面平坦性, IRI, 振動特性

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 TEL0157-26-9526

路面プロファイル取得と、自転車の上下加速度測定のため、大学構内の道路において調査を実施した。調査概要を表-2に示す。

表-2 大学構内 調査概要

実施場所	北海道大学工学部裏の道路 (L=50m)
水準測量	0.1m 間隔, 0.1mm 精度で路面高さ計測
加速度測定	<ul style="list-style-type: none"> ・自転車 3 台 (クロスバイク (サスペンションあり・なし), シティサイクル) に加速度計を取付け, 上下加速度測定 ・時速 10km, 15km, 20km で走行

(2) 自転車の振動特性の解析

路面プロファイル (入力) と自転車上下加速度 (出力) のパワースペクトル密度 (以下, PSD) より, 周波数応答関数の振幅特性を求めた。図-3 にサスペンションなしクロスバイク (以下, サスなしクロスバイク) の周波数応答関数の振幅特性を示す。図-3 に示す通り, 自転車の共振域は 1 つとなっている。よって自転車振動モデルは, 図-4 に示す 1 自由度系のモデルとして構築した。

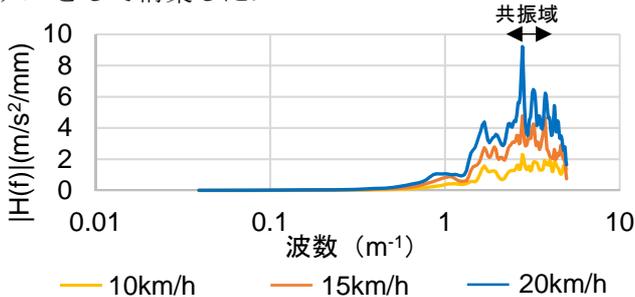


図-3 サスなしクロスバイクの周波数応答関数の振幅特性

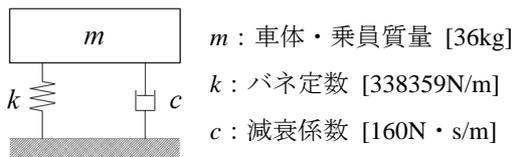


図-4 自転車振動モデル (サスなしクロスバイク)

(3) シミュレーションの再現性

自転車振動モデルに, 大学構内の道路での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。図-5 にサスなしクロスバイクの 20km/h でのシミュレーション結果と実測値の上下加速度での比較を, 図-6 に PSD での比較を示す。図-6 より, 15Hz 付近においてシミュレーションと実測の両方において, 共振によるピークが見られる。このことから構築したモデルは, 自転車の共振が再現されていると考えられる。しかし, 図-5, 6 より, シミュレーション結果が実測値より大きく算出されており, 再現性に課題があることも確認された。

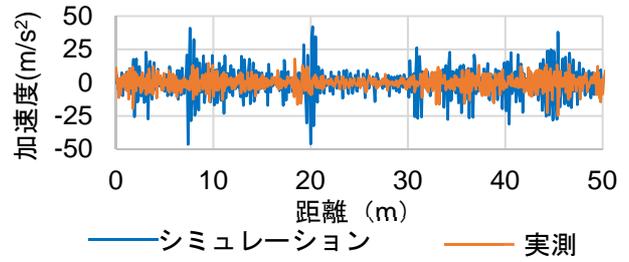


図-5 上下加速度での比較

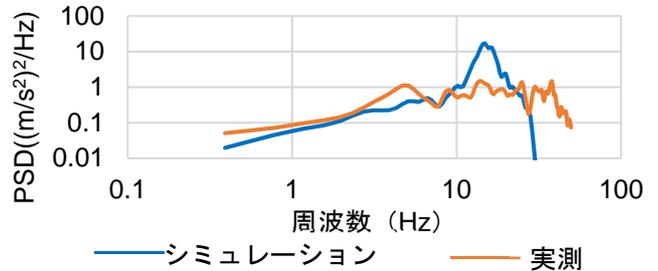


図-6 PSD での比較

4. 実道の路面プロファイルの適用

2章で取得した, 実道の路面プロファイルを自転車振動モデルに入力して, サスなしクロスバイクが 20km/h で走行した時の上下加速度を出力した。また, その結果の RMS 値 (二乗平均平方根) を区間毎に算出した。図-7 に上下加速度 RMS 値と 2章で得た主観評価の結果との関係を示す。一部において上下加速度 RMS 値が高く, かつ主観評価の高い部分も見られるが, 概ね上下加速度 RMS 値と主観評価の関係性が得られている結果となった。

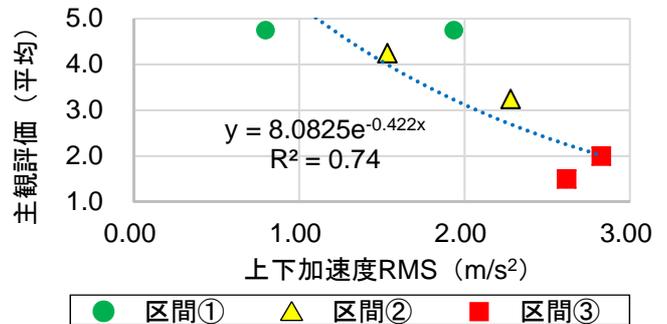


図-7 上下加速度 RMS 値と主観評価の関係

5. おわりに

本研究では, サイクリストの許容性が変化すると考えられる IRI の基準値を提案した。また自転車振動モデルを構築し, シミュレーション結果から, 15Hz 付近の自転車による共振が再現されていることが確認された。さらに, 上下加速度 RMS 値と主観評価の関係性も明らかとなった。しかし, モデルの再現性に課題があるため, 今後は自転車の走行実験等を行い, モデルの再現性を向上させる必要がある。