

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04379

研究課題名（和文）自転車走行を考慮した路面評価システムの構築

研究課題名（英文）Development of a Road Roughness Evaluation System based on the Bicycle Vibration Model

研究代表者

高橋 清（TAKAHASHI, KIYOSHI）

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：50236270

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、自転車振動モデルを開発し自転車振動特性の再現に成功した。また、乗り心地を体感評価実験により評価し、開発したモデルを用いBRI（Bicycle Ride Index）を構築し、妥当性を検証した。検証の結果、主観評価とBRIの相関は高いこと、自転車では10～30 Hz付近の振動が乗り心地に影響することを示した。さらに路面評価の基準となる BRI を算出し、路面を判断する基準を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自転車交通への需要が高まる中、安全で快適な自転車の走行環境を整備するため、走行路面の効果的かつ効率的な調査と客観的データに基づく合理的な走行路面の評価や管理は益々重要となっている。本研究では、自転車の安全性や快適性といった質の高い道路交通基盤整備を行うために、自転車の走行挙動を考慮したBRI（Bicycle Ride Index）評価指標を開発し、BRI を用いた路面を判断する基準を提案した。

研究成果の概要（英文）：In recent years, cycle tourism has been attracting attention in Japan. So improvement of pavement, which greatly affects bicycle driving environment, is important in promoting cycle tourism. However, an evaluation of road surface roughness as seen from a bicycle has not been established. In this study, we verified the reproducibility of the newly developed bicycle vibration model on the actual road surface, and constructed the road surface evaluation index of the bicycle. As a result, it was shown that the bicycle vibration model had high reproducibility in the model development when actual road surface data were applied. Furthermore, as a result of building the road surface evaluation index of the bicycle version using this model, it became clear that the value reflected ride quality. In addition, since the frequency bands that affect ride quality differ between bicycles and cars, BRI, the road surface evaluation index of the built bicycle version, showed superiority over IRI.

研究分野：交通計画

キーワード：自転車走行環境 自転車振動モデル 乗り心地評価 路面管理

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

近年、健康志向、環境意識の高まり等により自転車保有台数が増加している。中でも自転車を取り入れた観光として「しまなみ海道」をはじめとするサイクルツーリズムが注目されており、北海道では世界水準の観光地の重要な柱としてサイクルツーリズムが推進されている。自転車交通の需要が高まる中、安全で快適な自転車の走行環境を実現するためにも、走行路面の効果的かつ効率的な調査と客観的データに基づく合理的な走行路面の評価・管理は極めて重要となる。

自転車はその構造特性より自動車のように振動を吸収する装置を持たないため、路面の凹凸の影響を自転車利用者が直接感じる事となる。よって、自転車利用者が快適と感じるか否かは、路面凹凸の状態が起因すると考える。しかし、路面の凹凸と自転車の振動評価(乗り心地)の関係を定量的に関連付けたモデルは未だ存在しない。一方、自動車には世界的に用いられている国際ラフネス指数(IRI)という指標があり、利用者の乗り心地を踏まえた路面評価指標として世界的に用いられている。申請者らの先行的研究から、任意の自転車の振動特性は路面特性に関わらずほぼ同じであることが分かっており、自転車についても IRI のような指標開発を可能とする自転車振動モデルの構築が必要である。

2. 研究の目的

従来の路面評価・管理手法は、前述したように車道における自動車交通を対象としたものであり、自転車走行に対し妥当な方法であるとは言い難い。当研究グループは、自転車利用者の乗り心地と IRI の関連性について研究を実施してきた。その結果、自転車の乗り心地の良し悪しは必ずしも車道の平坦性(IRI)の大小とは一致しないことがわかってきた。

一致しない理由としては、路面の平坦性を示す IRI が、2軸4輪を有する自動車の1輪を取り出したクォーターカーと呼ばれる2自由度の振動モデルに基づく指標であり、自転車の振動特性を再現していないためと考えられる。また、IRIによる既存の路面管理は、自動車の車輪通過位置を対象としたものであり、路肩部を走行することが多い自転車にとっては走行位置の路面状態を十分反映したものとはなっていない。

そこで本研究は、自転車の安全性や快適性といった利用者にとって質的満足度の高い道路交通基盤整備を行うために、自転車走行路面の実態把握、走行路面を考慮した自転車振動モデルの構築、自転車振動モデルに基づく路面評価指標の開発、開発した指標に基づく路面評価システムの構築と妥当性検証について行うこととする。

3. 研究の方法

(1)初年度の研究は、自転車走行路面における乗り心地評価を目的に、振動の入力部分であり、かつ最初に振動を感じる自転車前輪部の振動モデルを開発するため、以下の検討を行った。a)振動試験装置を用いて、自転車加振実験を行い(図-1)、自転車の乗り心地にかかわる振動特性について明らかにする。b)自転車加振実験の結果を踏まえ、自動車のクォーターカーモデルに相当する、自転車前輪部の振動モデルの開発を行い、実測データとモデルを用いた上下方向加速度のシミュレーション比較によって、上下振動の再現性について検討を行った¹⁾。

(2)研究2年目では、開発された振動モデルに実路面のプロファイルを入力した場合の再現性について検証を行った。また、実道路面を自転車で走行したときの乗り心地を評価する自転車体感評価実験を行うことにより、開発したモデルを用いて自転車版 IRI として BRI (Bicycle Ride Index) を構築し、乗り心地との関係性を分析することで BRI の妥当性について検証を行った。



図-1 自転車加振実験

(3)研究最終年度では、BRI と乗り心地の関係性の把握や BRI による路面管理基準の検討を試みた。

4. 研究成果

(1) 自転車の振動特性が再現

研究で得られた成果として、自転車加振実験より、自転車の振動特性を人の影響による共振域と自転車車体による共振域を明らかにすることができた。さらに本研究で開発した2自由度系による自転車振動モデルを用いて、上下方向加速度のシミュレーションを実行したところ、ハン

ドル部における再現性は時間領域、周波数領域ともに高い再現性が確認された。また、開発した自転車振動モデルの周波数応答関数を算出したところ、自転車の振動特性が再現され、開発したモデルは実用上問題のないことが確認された。

(2) BRI (Bicycle Ride Index) の構築

研究2年目の研究成果は^{2),3)}、本研究グループが開発した振動モデルの実路面における再現性の検証および自転車からみた路面評価指標の構築を行った。研究成果を以下に記す。a) 自転車加振実験により開発されたモデルは実路面のデータを入力した場合においても、10~30 Hzにおいて再現性が高いことが明らかとなった(図-2)。b) 開発したモデルを用いて、BRIを算出した結果、IRIに比べて大きい値が算出される傾向が示された。また、主観評価とBRIの決定係数を算出した結果、主観評価とBRIの相関は高いことが示された。よって算出したBRIは乗り心地を反映した値であることが示唆された。一方で、IRIと主観評価には相関がみられず、IRIは自転車の乗り心地評価には適さないことが明らかとなり、BRIのIRIに対する優位性が示された。c) 自転車体感評価実験により、自転車の乗り心地は車に乗っている時とは違い、10~30 Hz付近の振動が影響していることが示唆された。よって、自転車と自動車では乗り心地に影響する周波数帯が異なることが明らかとなった。

(3) 路面評価の基準

研究3年目は、BRIと乗り心地の関係性の把握やBRIによる路面管理基準の検討を試みた(図-3)。その結果、BRIと乗り心地の主観評価で高い相関がみられ、BRIは自転車の乗り心地を評価できるものといえる。また、路面評価の基準となるBRIを算出し、良い路面と悪い路面を判断する一つの基準を提案した⁴⁾。

<引用文献>

- 1) 佐々木優太、高橋清、富山和也、萩原亨、渡辺健太：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, pp.181-89, 2018
- 2) Kazuya TOMIYAMA, Kiyoshi TAKAHASHI, Yuta SASAKI, Toru Hagiwara, Kenta WATANABE, Kazushi MORIISHI; Development of a Road Roughness Index based on the Bicycle Vibration Response, Transportation Research Record, 2019
- 3) 岡部光樹、高橋清、富山和也、萩原亨、森石一志：自転車振動モデルを用いた路面平坦性の評価指標構築、土木学会論文集E1(舗装工学)vol.75, No.2, pp.167-76, 2019
- 4) 岡部光樹、高橋清、富山和也、萩原亨：Bicycle Ride Indexを用いた自転車の振動乗り心地に基づく路面管理手法の検討、土木学会論文集E1(舗装工学)vol.76, No.2, pp.1187-194, 2020

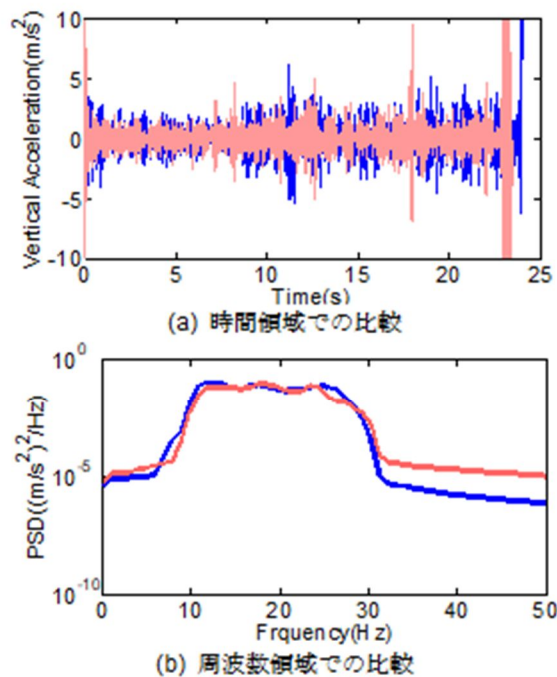


図-2 シミュレーション結果

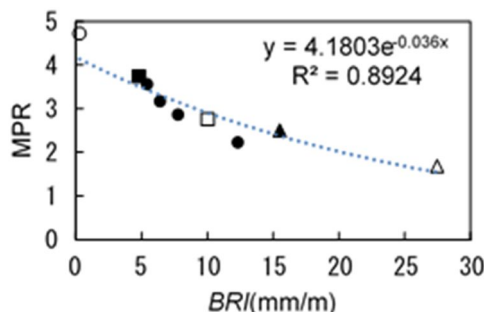


図-3 BRIと乗り心地の関係性(実道想定)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 岡部光樹、高橋清、富山和也、萩原亨、森石一志	4. 巻 vol.75
2. 論文標題 自転車振動モデルを用いた路面平坦性の評価指標構築	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集 E 1（舗装工学）	6. 最初と最後の頁 67-76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐々木優太、高橋清、富山和也、萩原亨、渡辺健太	4. 巻 vol.74
2. 論文標題 路面平坦性評価のための自転車振動モデルの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集 E 1（舗装工学）	6. 最初と最後の頁 81-89
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuya TOMIYAMA, Kiyoshi TAKAHASHI, Yuta SASAKI, Toru Hagiwara, Kenta WATANABE, Kazushi MORIISHI	4. 巻 98
2. 論文標題 Development of a Road Roughness Index based on the Bicycle Vibration Response	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transportation Research Record	6. 最初と最後の頁 19-04363(1-14)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部光樹、高橋清、富山和也、萩原亨	4. 巻 vol.76
2. 論文標題 Bicycle Ride Index を用いた自転車の振動乗り心地に基づく路面管理手法の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集 E 1（舗装工学）	6. 最初と最後の頁 187-194
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡部光樹、高橋清、富山和也
2. 発表標題 自転車振動モデルを用いた路面評価の適用性に関する研究
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部光樹、高橋清、富山和也、萩原亨、森石一志
2. 発表標題 自転車振動モデルを用いた路面平坦性の評価指標構築
3. 学会等名 第24回舗装工学講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木優太、高橋清、富山和也、萩原亨、渡辺健太
2. 発表標題 路面平坦性評価のための自転車振動モデルの開発
3. 学会等名 第23回舗装工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡部光樹、高橋清、富山和也、萩原亨
2. 発表標題 Bicycle Ride Index を用いた自転車の振動乗り心地に基づく路面管理手法の検討
3. 学会等名 第25回舗装工学講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	萩原 亨 (HAGIWARA TORU) (60172839)	北海道大学・工学研究院・教授 (10101)	
研究 分担者	富山 和也 (TOMIYAMA KAZUYA) (70589580)	北見工業大学・工学部・准教授 (10106)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------