

車軸加速度を用いたラフネスおよびテクスチャの評価方法の一検討

鹿島道路 技術研究所 正会員 ○岡部 俊幸
同 上 正会員 遠藤 哲雄
鹿島道路 東京支店 正会員 金井 利浩

1. はじめに

近年、道路舗装は維持修繕の時代を迎え効率的な道路管理が求められている。そのため、道路の補修良否や補修時期の優先時期など舗装の現況を如何に迅速かつ適切な情報を掴むことが重要である。筆者らは、簡便かつ安価で、一般乗用車で路面状況をモニタリングできる「多機能路面測定システム」¹⁾を開発し、車両のタイヤ軸に取付けた加速度の上下運動から、ラフネスを評価している。本検討では、車軸の加速度データから路面のキメ、すなわちテクスチャの有効性を評価するため、実路で測定した加速度を使用し、平たん性やテクスチャに関係深い路面波長に分離させ、路面評価を検討したので報告する。

2. 検討方法

本検討では、表-1 に示す 2 路線を使用し、表-2 に示す要領で測定および解析を実施した。

解析方法は、実測値の加速度データについて、ISO13473-1 等 に示されている平たん性とテクスチャ(マクロテクスチャ)の境界である路面波長 50cm で分離した。ここで、路面波長による分離は、各走行速度を路面プロファイル長に対応した周波数を求め、加速度をその周波数帯域になるようバンドパスフィルタ処理した (図-1 参照)。

評価方法は区間長 20m とし、筆者らが今まで評価していた加速度の標準偏差 σ と RMS (Root Mean Square, 二乗平均平方根) とした。

3. IRI の評価

路線 1 の 50km/h により、加速度の標準偏差 σ ²⁾および RMS_{all} について IRI と比較したものを図-2 に示す。この図をみてもわかるように、加速度と IRI の関係は、 RMS_{all} と RMS_{Low} とともに標準偏差 σ と同程度の寄与率で相関関係があることから、どの処理方法を用いても IRI をある程度の精度で推定できることがわかる。

また、車軸加速度は速度の依存性があることから、路線 1 の全てのデータを使用し、目的変数を IRI、説明変数を速度と RMS_{Low} として重回帰分析を実施した。解析結果を表-3 に示す。この結果、重回帰式による寄与率はそれほど高くないが、偏回帰係数の有意性を検

表-1 検討した路線の概要

		路線 1	路線 2
場 所		茨城県牛久市 (市道 7 号線)	埼玉県さいたま市 (市道 L867 号線)
工事規模(延長×幅員)		540m×7m	385m×4.2m
平たん性 σ_{3m}	補修前	2.12mm	4.03mm
	補修後	1.28mm	1.64mm
補修前の路面状況		OWP・線状または亀 甲状ひびわれ	全面ひびわれ、 一部パッチング
補修後の表層材		細粒度 As	再生密粒度 As

表-2 測定概要とデータ処理方法

項目	内 容
測定方法	・多機能路面測定車による車軸加速度の測定 測定車両:NISSAN CARAVAN 走行速度:路線 1 :30,40,50km/h,路線 2 :40km/h 車軸の加速度データを 2,000Hz で収集(OWP) ・MRP による路面性状の測定(OWP)
解析方法	σ 加速度の標準偏差
	RMS_{all} 加速度の RMS 処理
	RMS_{Low} 速度に対応した加速度から路面波長 50cm 以上を抽出し、RMS 処理を実施[低周波数成分(IRI 評価)]
	RMS_{High} 速度に対応した加速度から路面波長 50cm 未満を抽出し、RMS 処理を実施[高周波数成分(テクスチャ評価)]
	IRI,MPD, SMTD MRP(Multi Road Profiler)による路面プロファイルにより、評価値を算出

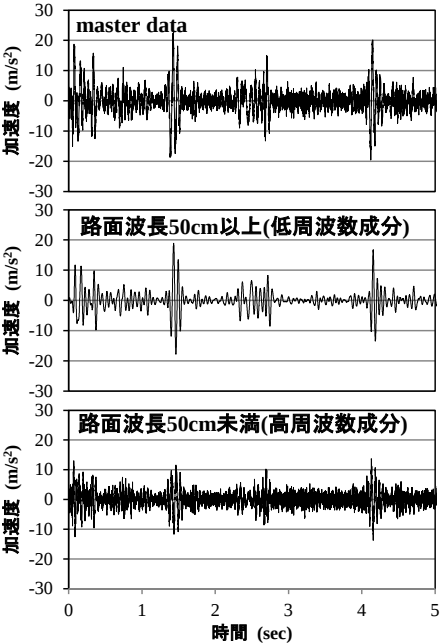


図-1 加速度におけるバンドパスフィルタ処理の一例

キーワード 多機能路面測定システム, 車軸加速度, 路面評価, IRI, テクスチャ, RMS
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島道路㈱技術研究所 T E L 042-483-0541

定する t 値および回帰モデル式を評価する F 値をみると、両者とも 5% または 1%水準で有意であった。よって、IRI の予測式として速度および RMS_{Low} が重要なファクターであることが窺える。

表-3 IRI を評価するための重回帰分析結果(n=378)

項目	RMS_{Low}	速度	定数	有意水準 5% / 1%
偏回帰係数	0.522	-0.04	2.73	—
t 値	17.5**	-6.9**	13.1**	1.97 / 2.59
F 値	155**			3.0 / 4.7
寄与率 R^2	0.45			—

記号) *:5%有意, **:1%有意

また、図-3 は重回帰モデルの精度を確認するために、路線 2 の測定結果から IRI を推定したものであり、 ± 2 の範囲であれば 90%以上の確率で予測できる。

4. 路面テクスチャの評価

路面テクスチャの評価は、MRP で算出した MPD (Mean Profile Depth) と SMTD (Sensor Measured Texture Depth) を使用し、高周波数成分で処理した RMS_{High} との関係を調べた。一例として、MPD と RMS_{High} の関係を図-4 に示す。この図から、同一路線における MPD と RMS_{High} は路面補修によって値が小さくなり、両者に相関性が認められる。このことから、 RMS_{High} から路面テクスチャの推定が可能であることがわかった。

次に、 RMS_{High} における速度依存性を評価するため、目的変数をテクスチャ、説明変数を速度および RMS_{High} とし重回帰分析を実施した。表-4 は重回帰分析によって回帰定数の有無を評価した結果である。定数の有無を比較すると t 値はすべて有意、重相関係数 R は定数・有より無のほうが若干良く、残差平方和 Se は同程度ある。よって、加速度の RMS_{High} と走行速度 (30~50km/h) が判れば、定数なしの重回帰モデルにより概ねテクスチャの予測が可能であると推察される。

表-4 テクスチャを評価するための重回帰分析結果(n=194)

回帰定数	項目	MPD				SMTD				有意水準 5% / 1%
		RMS_{High}	速度	定数	R / Se	RMS_{High}	速度	定数	R / Se	
無	b	0.421	-0.005	—	0.95/8.8	0.329	-0.005	—	0.94 / 5.4	—
	t 値	22.0**	-5.4**	—		22.1**	-7.0**	—		2.0 / 2.6
有	b	0.411	-0.010	0.229	0.84/8.5	0.324	-0.008	0.131	0.84 / 5.3	—
	t 値	21.5**	-4.9**	2.7**		21.5**	-4.9**	2.0*		2.0 / 2.6

記号) b:偏回帰係数, R :重相関係数, Se :残差平方和, *:5%有意, **:1%有意

5. まとめ

今回の検討結果より、多機能路面測定システムにおける加速度データを路面波長に関わる周波数帯域を抽出することにより、IRI やテクスチャの評価を可能にした。ただし、今回使用した路面は、補修前後の路面であるため、今後は路面テクスチャが異なるさまざまな路面を計測し、当該方法の妥当性を検証していきたい。また、さらに適用性を拡大するためにデータを蓄積し、多機能路面測定システムをネットワークレベルの活用を活かしていきたいと考えている。

- 【参考文献】 1) 遠藤哲雄・富澤健・大嶋智彦・岡部俊幸・金井利浩：路面モニタリングのための加速度計等を搭載した簡易型測定車の開発，舗装，2010.3
2) 富澤健・遠藤哲雄・大嶋智彦・岡部俊幸・金井利浩：車軸に生じる加速度による路面凹凸評価方法に関する方法，土木学会論文集 E1 (舗装工学)，Vol.67、No.3 (舗装工学論文集第 16 巻)，pp.I_51-I_58，2011

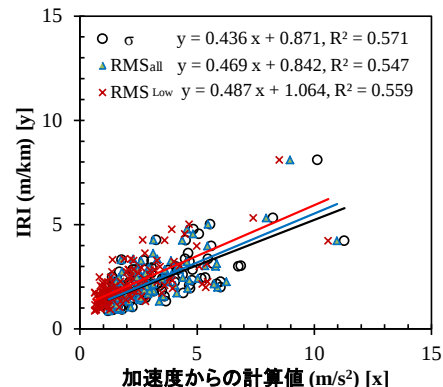


図-2 加速度と IRI の関係

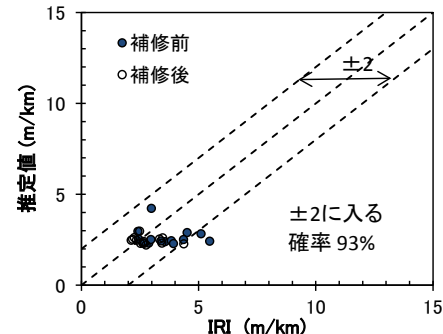


図-3 路線 2 による IRI の推定

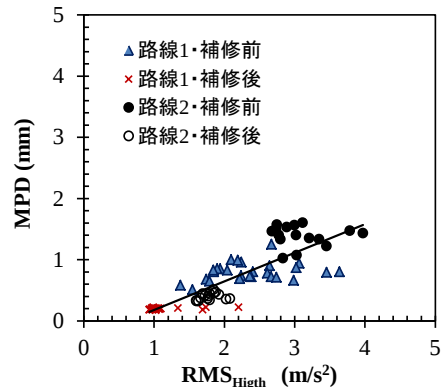


図-4 RMS_{High} と MPD の関係