

車両動的応答に基づく I R I 測定システムの開発

Development of IRI Measuring system based on dynamic response of vehicle

北見工業大学
北見工業大学

○ 学生員 中島 繁則 (Shigenori Nakajima)
正 員 川村 彰 (Akira Kawamura)

1. はじめに

日本経済を支える国内道路網ではあるが、その維持管理には膨大な費用を必要とし、より効率的な維持管理システムの実用化が期待されている。特に道路の劣化速度は交通状況により大きく異なり、損傷状況を把握した上での適切な維持管理の提供が重要である。

現在、損傷状況を把握する指標にはわだち掘れ、ひび割れ、平坦性の3要素が使用されているが、測定には高価な路面性状測定車が必要な為、定期的な測定は実施できず、巡回車等による車上目視点検に依存しているのが実状である。

一方で道路維持管理の新たな指標として車両の動的応答を原理とする I R I (International Roughness Index) の導入が検討されており、I R I に基づく管理システムへの移行検討も急務とされている。

本研究では I R I による低コストの路面維持管理システムの実現を目的としており、実走行車両の動的応答からリアルタイムに I R I を算出する手法を構築、巡回車に搭載可能な試作機を製作し実用化に向け有効性を考察した。

2. 車両動的応答に基づく I R I 算出手法

I R I とは、図1に示すような乗用車の1輪を取り出した Q C (クォーターカー) モデルと呼ばれる仮想車両が 80 km/h で走行した際のサスペンション変位 (バネ上、バネ下の上下方向相対変位) をシミュレーションにより求め、ある区間の累積値を走行距離で除した値である。

I R I の算出は、任意の測定装置で路面の縦断プロファイルを測定し、Q C モデルによる I R I シミュレーションで計算する方法が最も実用的であるが、縦断プロファイルの測定そのものに費用と時間がかかり効率的とは言えない。

そこで実走行車両のサスペンション変位を測定し、車の周波数応答に着目して Q C モデル相当の補正を行い、累積変位量から I R I を算出する手法を構築した。

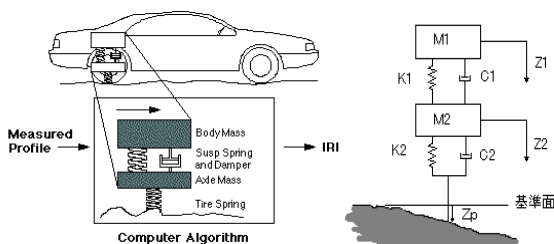


図1 Q C (クォーターカー) モデル

2-1 サスペンション変位の測定

サスペンション変位の測定は、最も確実な方法として変位センサによる直接計測を採用した。

変位センサにはレーザーや超音波による非接触式と機械的に接続する接触式とがあるが、使用環境への対応と信頼性から図2に示す接触式の回転式変位センサを選定した。

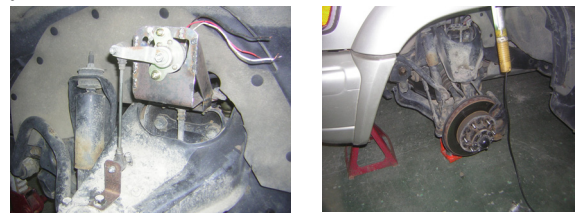


図2 回転式変位センサ センサ取り付け部位

2-2 Q C モデル補正

サスペンション変位の周波数応答関数は、図3のように、 $F=v \cdot \gamma$ (F : 時間周波数、 v : 走行速度、 γ : 空間周波数) の関係で示されることより、Q C モデルの周波数応答関数を基準に、実走行車両のサスペンション諸元値より得られた周波数応答関数の周波数ごとの成分比を“重み係数”とし測定データを補正した。

上記補正には周波数領域へのデータ変換が必要であり、

I R I 算出区間のデータ収録

→ F F T 変換 → Q C 補正 → 逆 F F T 変換

の処理フローにて Q C モデル相当のサスペンション変位への補正を行なった。

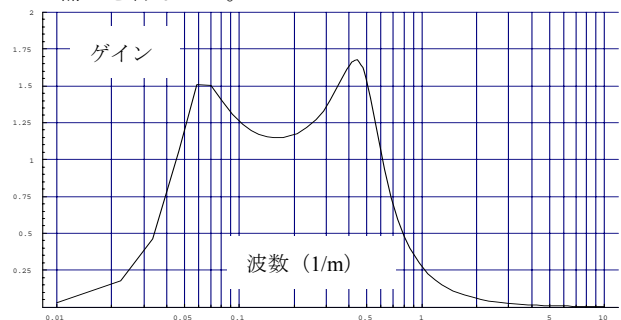


図3 周波数応答関数

3. 車両搭載試作機の製作

3-1 供試車両

I R I 測定試作機の搭載車両として ISUZU ピックホン (UBS73GW) を使用した。

車上目視点検に使用される巡回車は非舗装路等の走破性の観点から RV 車両が選定される場合が多く、類似車両の代表として本車両による試作機搭載、測定を実施した。

3-2 I R I 測定試作機

I R I 測定試作機として図4に示す演算 B o x を製作

した。主な機能は、

- ・アナログ入力電圧のA/D変換
- ・区間データの記憶
- ・FFT処理
- ・QC補正演算
- ・逆FFT処理
- ・IRI演算

であり、図5の外部モニタに区間毎のIRI算出結果をリアルタイムで表示させる事が可能である。

尚、本試作機にはデータ記録用のダウンロードポートと測定箇所特定のGPSの入力ポートを付加価値として設置してある。

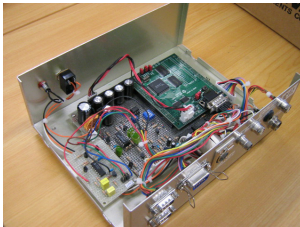


図4 演算Box

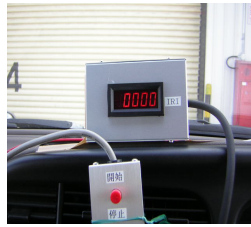


図5 IRI表示モニタ

4. IRI算出精度とシステムの有効性

4-1 IRI算出精度

IRI測定試作機の精度確認として代表路面における検証試験を実施した。

(株) ワークム北海道テストコース内にて通常路A、劣化路Bの代表路面を選定し、DAM（路面性状測定装置）によって路面プロファイルを測定、IRIシミュレーションソフトである Road Ruf を用いて対象路面のIRIを算出した、結果を表1に示す。

本代表路面をIRI測定試作機を搭載したISUZUビッパホンで走行し、サスペンション変位測定とQC補正によるIRI算出を行なった。

一例として劣化路Bの路面プロファイルと走行時のサスペンション変位データを図6に示す。

路面性状に応じサスペンションが変位している状況が確認できる。

サスペンション変位データにQCモデル補正を反映し、区間の累積変位を走行距離で除して算出したIRI値を表2に示す。

今回の範囲では測定誤差10%以下であり、ほぼ実用レベルと思われる。

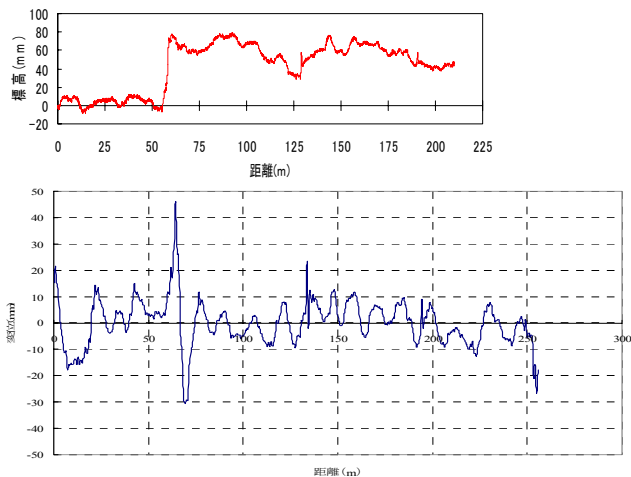


図6 路面プロファイルとサスペンション変位

表 1 IRI算出結果 (Road Ruf)

路面	延長	評価区間		IRI mm/m	備考
		から	まで		
通常路A	210m	0	210	4.03	区間全体
劣化路B	240m	0	240	2.82	区間全体

表 2 IRI算出結果 (試作機)

路面	試作機IRI算出結果	IRI (Road Ruf)
通常路A	4.058	4.03
劣化路B	2.669	2.82

4-2 システムの有効性

本試作機においては測定区間のデータ収集後、即演算しIRI値のモニタ表示を繰り返し実行可能であり、巡回走行しながらのリアルタイムモニタが実現できた。

走行中のIRIモニタリングは極めて有効であり、目視点検の現状から飛躍的に進歩し、効率的な維持管理が可能になると考えられる。

また、最低限必要な装置は変位センサ、演算Box、表示モニタのみであり目的とする安価なシステムとすることができた。

更にサスペンション変位測定方法の改良として、バネ上、バネ下に設置した加速度計データの積分処理から相対変位を算出する“2加速度計方式”も平行して検討を進めている。

5. おわりに

IRIによる低コストの路面維持管理システムの実現を目的に、実走行車両の動的応答からリアルタイムにIRIを算出する手法を構築、試作機による有効性確認を行なった結果、下記の結果が得られた。

- 1) 実走行車両のサスペンション変位を測定し、周波数応答関数を用いたQCモデル補正の実施により、IRI原理に基づくIRI算出が可能となった。
- 2) 代表路面における検証試験の結果、路面性状から得られたIRI値に対し測定誤差10%以下の精度が得られた。
- 3) 試作機による走行中のIRIモニタリングは極めて有効であり、安価で効率的な維持管理システムへの応用が期待できる。

今後は各種路面性状、走行条件での精度検証の継続と、実用的な路面維持管理に使用する上での問題点検討と改良を進める予定である。

参考文献

- 1) Michael W. Sayers, Steven M. Karamihas : The Little Book of Profiling—Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles—, The University of Michigan Transportation Research Institute, 1997.
- 2) 白川龍生、川村 彰ほか：車両の振動加速度を利用した路面プロファイル推定システムについて、交通工学, Vol.38, No.6, pp32-41, 2003
- 3) 川村 彰ほか：道路利用者の視点から見た高速道路の平坦性について、舗装工学, Vol.4, pp.1-8, 1999