

Vehicle Intelligent Monitoring System の海外展開へ向けたキャリブレーション手法の確立

東京大学大学院 正会員 朝川皓之

東京大学大学院 フェロー 藤野陽三

東京大学大学院 正会員 長山智則

東京大学大学院 正会員 西川貴文

1.はじめに

東京大学橋梁研究室では路面のモニタリングシステムとして Vehicle Intelligent Monitoring System(以下, VIMS)を開発している。これは加速度計, GPS, PC を搭載した車両が定速で走行する際の加速度応答から路面のラフネスを International Roughness Index(以下, IRI)によって推定するものである。計測車両はランドクルーザー, 走行速度は 60km/h と設定されている。

2.VIMS の海外への展開

VIMS はこれまで日本の高速道路および海外の国道を主な対象として路面モニタリングに試験運用されている。フィリピン共和国の国道約 1,000km¹⁾やキルギス共和国の国道約 1,100km の診断を実施しており, VIMS が路面状況を容易かつ定量的に判断できること, 診断結果が道路プロジェクトの評価やメンテナンス計画の策定等に利用できることが示された。

一方で, 海外での VIMS 運用にあたり, 計測車両や走行速度が設定条件とは異なるため, IRI 推定量に偏りが生じるという問題がある。各国内においては, 計測条件を一通りに定めれば, 共通のラフネス指標値を用いて路面状況の相对比较が可能であるが, IRI への換算や, 異なる計測条件での診断結果との比較が行えない。適切なキャリブレーション手法が求められる。

計測車両が異なる場合の結果換算法は, 朝川らにより提案されているが²⁾, 基準車であるランドクルーザーとキャリブレーション対象車両で同一コースを走行する必要があり, 異なる国で行う計測の結果を互いに換算することは困難である。また, 走行速度のキャリブレーションはその手法が確立されていない。VIMS を海外へ展開するには, 計測車両と走行速度について汎用性の高いキャリブレーション手法が不可欠で, 本研究でこれらのキャリブレーション手法を提案する。

3.車両キャリブレーション

自動車の速度抑制に利用されるハンプで, 持ち運び可能な軽量なものを選び, 定速走行でこれを超える場合の車両振動応答を利用して車両キャリブレーションを行

う。まず, なるべく凹凸の少ない路面を選定し, ハンプを設置する。ここで車両を定速 v で走行させ, ハンプを乗り越えた際の応答を計測する。なお, ハンプを乗り越える前後の T 秒程度も定速で走行し, 各車両の計測反復回数は n 回とする。本研究では $v=20\text{km/h}$, $T=10$ 秒, $n=5$ 回とし, ハンプは高さが 5cm の市販のものを使用した。

次に, この加速度データに 2Hz でローパスフィルタを適用する。このフィルタにより計測回数毎にばらつきの大きいばね下振動に相当する成分を取り除き, 車両のばね上質量の振動が卓越する周波数帯のみを対象として解析する。その上で, ハンプを乗り越える直前から 5 秒分のデータを切り取る。このデータよりランドクルーザーと, キャリブレーション対象車両の双方に対して加速度 RMS の 5 回分の平均値を算出し, 両者の比, すなわちランドクルーザーの加速度 RMS に対する対象車両の加速度 RMS を車両間キャリブレーション係数 α として求める。

求められた係数 α を利用して, 式(1)によりラフネス指標値の換算を行う。

$$IRI = \frac{1}{\alpha} IRI_{other} \quad (1)$$

ここで, IRI : IRI [mm/m], IRI_{other} : 異なる車両による推定結果 [mm/m], α : 車両間キャリブレーション係数である。

本手法の検証を行う。ランドクルーザー, カローラ, セレナ, プラドの 4 車両を用いて埼玉県吉川市の一般道にてハンプ走行試験を, 首都高速道路小松川線にてラフネス計測を実施した。前者の試験より係数 α は表 1 のように求められた。この α を用いて小松川線におけるカローラの計測データをキャリブレーションした結果を図 1 に示す。キャリブレーション前の結果はランドクルーザーによる推定結果 (IRI 推定値) と大きく異なるが, キャリブレーション後はこれに近いものとなっている。セレナ, プラドについても同様であった。以上より, 計測車両が異なる場合でも推定結果の換算が可能となることが示された。なお, 今回は各車両のハンプ走行試験

キーワード VIMS, 移動体モニタリング, IRI, 車両・速度キャリブレーション, 海外プロジェクト

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学橋梁研究室 TEL 03-5841-6099 FAX 03-5841-7454

表 1 各車両へのキャリブレーション用係数 α

セレナ	カローラ	プラド
0.777	0.762	1.041

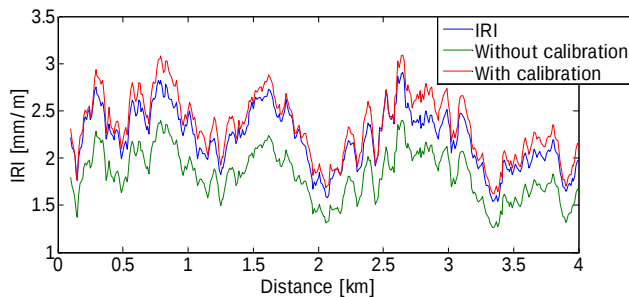


図 1 キャリブレーション検証結果 (計測車両)

を吉川市の同一路面にて実施したが、他路面で同様の試験をした場合に、フィルタ処理後の車両応答 RMS が、必ずしも路面によらず一定とはならない事例が確認されている。ハンプ設置路面による影響について今後更なる検討が必要である。

4. 速度キャリブレーション

異なる速度での走行試験より求めた車両応答加速度の比から速度間キャリブレーション係数 β を定めて、走行速度の違いを補償する手法を提案する。

埼玉県吉川市の一般道 (約 800m) にてランドクルーザー、セレナ、カローラ、プラドの 4 車両にて 40km/h、60km/h、80km/h の 3 速度で 3 回ずつ計測を実施し、各々の計測データを用いて路面のラフネスを推定した。ここで、60km/h で走行した際の推定結果 (IRI) に対する 40km/h および 80km/h の推定結果の比は表 2 の通りであり、車両によらずほぼ一定の値となった。そこで、これらの比の平均値を車両によらず共通の速度間キャリブレーション係数 β として定義する。走行速度が 40km/h の場合には $\beta : 0.61$ 、80km/h の場合には $\beta : 1.66$ となる。

その上で、異なる走行速度での推定結果を式 (2) により IRI に換算する。

$$IRI = \frac{1}{\beta} IRI_{other} \quad (2)$$

ここで、 IRI : IRI [mm/m]、 IRI_{other} : 異なる走行速度での推定結果 [mm/m]、 β : 速度間キャリブレーション係数である。

本手法の検証を行う。上信越自動車道において計測車両はセレナ、走行速度は 80km/h でラフネス計測を実施した。IRI 推定結果は図 2 の通りである。キャリブレーション後の推定結果はキャリブレーション前に比べて IRI に近いものとなっており、走行速度が異なる場合の計測結果は本手法により換算できることが実証された。

表 2 キャリブレーション用係数 β

	ランドクルーザー	カローラ	セレナ	プラド	平均
40km/h	0.58	0.63	0.63	0.61	0.61
80km/h	1.69	1.67	1.68	1.61	1.66

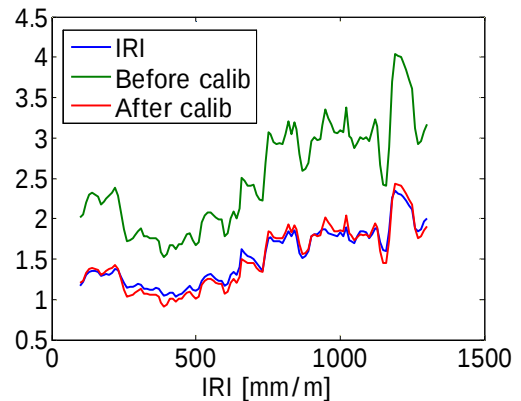


図 2 キャリブレーション検証結果 (走行速度)

5. 結論

VIMS の海外への展開に向けて、走行速度および計測車両が異なる場合にも IRI 推定を行うために、車両および速度のキャリブレーションが不可欠である。そこで、ハンプ走行試験から求めた車両間キャリブレーション係数で異なる車両による推定結果を除する車両キャリブレーション手法と、実道路での IRI 推定結果から求めた全車両に共通の速度間キャリブレーション係数で異なる速度による推定結果を除する速度キャリブレーション手法を提案した。

参考文献

- 1) 朝川、藤野、長山、大住：Vehicle Intelligent Monitoring System によるフィリピン国道のラフネス計測と分析、土木学会第 63 回年次学術講演会、2008.9
- 2) 朝川、藤野、長山、ほか：アジアへの展開を目指した簡易路面診断システム (VIMS) の汎用化とシステム改良、土木学会第 62 回年次学術講演会、2007.9