

## 発展途上国への展開を目指した VIMS 走行速度キャリブレーションの簡易化

東京大学大学院工学系研究科 学生会員 ○宮嶋 瑛  
正会員 長山智則 蘇迪  
フェロー会員 藤野陽三

## 1. はじめに

近年、発展途上国を中心に道路の建設が進められており、今後、適切な維持管理を行う必要性が高まる。限られた予算と人材下で多くの道路インフラを効率的に維持するためには、低コストで定量的に路面の状況を把握し、損傷が早期の段階で補修することが重要である。そこで、東京大学橋梁研究室では路面の平坦性を表す国際的な指標、International Roughness Index(以下 IRI)を簡易に推定するシステムとして Vehicle Intelligent Monitoring System(以下 VIMS, 図 1)を開発してきた。車種や走行速度、計測環境にかかわらず IRI を適切に推定できるように、キャリブレーション手法が提案されこれまで、中国、フィリピン共和国、キルギス共和国において路面調査に利用されてきている<sup>[1-3]</sup>。本研究は VIMS を発展途上国の道路管理に活用する上での問題点を、ケニア共和国及び周辺他国への技術導入を通して明らかにし、それらの技術的解決を図るものである。

## 2. 海外展開を通じて明らかになった問題点

2012年2月に国際協力機構(以下 JICA)の協力の下、ケニア共和国にて VIMS の技術紹介とデモンストレーション走行を実施した。安価で簡易に定量的に路面状態が推定できるという特性が評価され、ケニア道路公社が自らの予算で12台の VIMS を購入し本格的に路面性状調査が実施されることとなったが、キャリブレーション手法の煩雑さや信頼性の問題が明らかになった。

車両キャリブレーションでは、ハンプ乗り越え時の応答を用いて計測車両の非線形クォーターカー(QC)モデルを同定する。走行速度キャリブレーションでは、約1kmの区間を複数の走行速度で繰り返し走行し、走行速度の影響を評価する。これらにより、計測車両加速度応答から基準 QC 加速度応答への応答振幅比を車両・走行速度毎に推定する。しかし、速度キャリブレーションは計測区間の道路規制または封鎖を要することが実用上の課題となっている。さらに、キャリブレーション走行コース確保が容易でない、危険地帯ではキャリブレーション走行時間を短縮したい、悪路の多

い途上国ではサスペンション交換に伴う再キャリブレーションが頻繁に必要である、といったことから手法簡易化へのニーズが明白になった。

## 3. シミュレーションによるキャリブレーション手法の提案



図 1 VIMS 計測機器

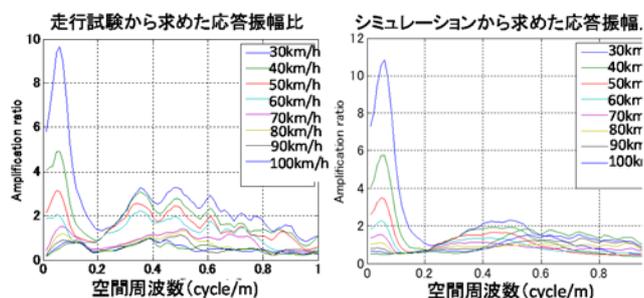


図 2 実測及びシミュレーションから求めた応答振幅比

走行試験から求めた速度毎の応答振幅比と、計測車両のクォーターカーモデルによるシミュレーションから求めた速度毎の応答振幅比を比較したところ両者は互いに近いことが確認できた(図 2)。そこで、仮想路面上で任意速度の走行シミュレーションを行い、走行速度に応じた加速度応答振幅比を推定することで速度キャリブレーションを行う。車両キャリブレーションは従来と同様に、非線形クォーターカーモデルのパラメータを、ハンプ試験により同定する。

提案したシミュレーションベースのキャリブレーション手法を用いて IRI 推定した結果を、従来の走行試験ベースの手法に基づいて推定した結果とともに図 3 に示す。計測区間としては東名高速道路の約 7km を用いた。式(1)で定義する誤差率を表 1 に示す。

キーワード: 路面性状評価, IRI, キャリブレーション, 海外展開, フィルタ

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 03-5841-6144

$$C = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{IRI - IRI_{真値}}{IRI_{真値}} \right)^2}{N}} \quad (1)$$

ここで、C:誤差率 [%],  $IRI_{真値}$ :定義から求めた IRI 値 [mm/m], N:データ数である。図 1 及び表 1 より、提案手法は従来の方法と比較すると走行速度の違いを十分に補正できているとは言えない。

4. ローパスフィルタの導入

図 1 の速度毎の加速度応答振幅比の比較を周波数帯域毎に見ると、0-0.3[cycle/m]においては再現性が高い一方で、0.3-1.0[cycle/m]においては再現性が低いことが確認できる。そこで、IRI 推定に用いる空間周波数帯域を 0-0.3 [cycle/m]に限定することとした。具体的には 0.3Hz 以上の成分を除去するローパスフィルタを導入した。IRI を計算した結果を図 1 及び表 1 の最下段に示す。誤差が低減したことを確認した。

5. ケニア共和国における計測データへの適用

提案した走行速度キャリブレーション手法が、車種や走行速度によらずに可能であるか調べるために、ケニア共和国において道路管理者が使用している計 5 台の車両に VIMS を搭載して計測し、検証を行った。図 4 に示すようにいずれの車種、走行速度においても既存の走行速度キャリブレーション手法と比較して IRI 推定のばらつきを増加させることなく IRI 推定できることを確認した。

6. 結論

VIMS のニーズ、技術的課題を踏まえて煩雑な繰り返し走行が不要なシミュレーションベースのキャリブレーション方法を提案した。ローパスフィルタを適用することで IRI 推定精度を改善し、路面プロファイル既知の国内高速道路で IRI 推定精度が高いことを確認した。さらに、ケニア共和国で道路管理に用いられている複数車両を用いて路面調査をしたところ、車両と走行速度の違いを補正して IRI を推定できることが示された。

**謝辞** 独立行政法人国際協力機構ケニア事務所の讚井様、西林様、梁取様、株式会社高速道路総合技術研究所、中日本高速道路株式会社の方々には有益な助言をいただきましたことここに謝意を申し上げます。

参考文献

[1] 朝川 皓之, 長山 智則, 藤野 陽三, 西川 貴文, 秋本 隆, 和泉 公比古:一般車両の走行時動的応答を利用した舗装路面の簡易状態評価システムの開発, 土木

表 1 速度毎の誤差率

C	90km/h	80km/h	70km/h
従来の方法	13%	13%	14%
提案手法	55%	32%	22%
提案手法+フィルタ	16%	15%	17%

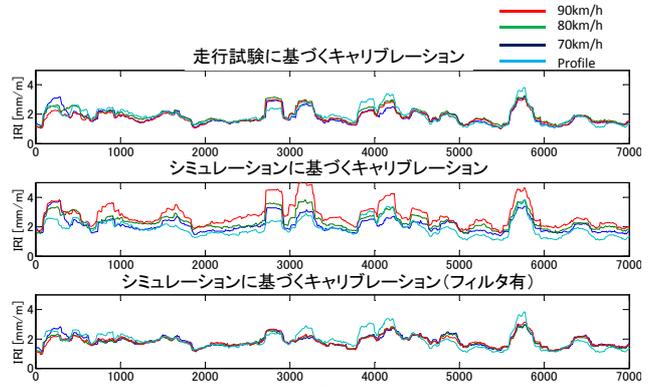


図 3 従来の方法及び提案方法から IRI の比較

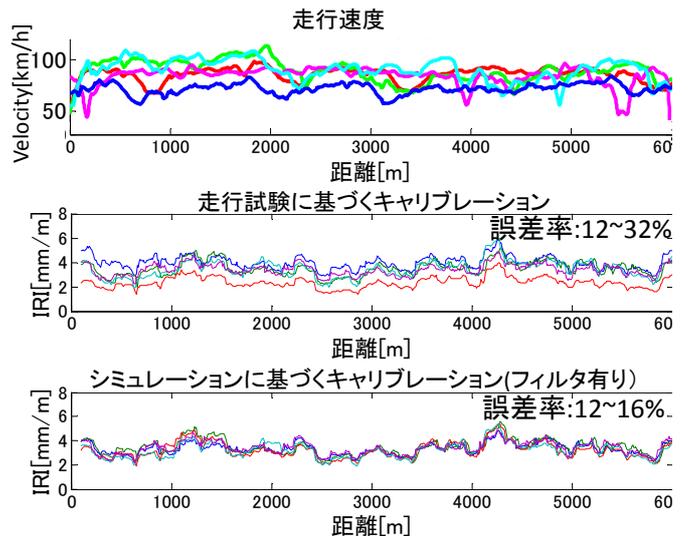


図 4 ケニアにおける計測データへの適用

学会論文集 E1, 68(1) pp.20-31, 2012

[2]西川 貴文, 高橋 興介, 長山 智則, 藤野 陽三:非線形モデルを用いた簡易路面診断システム(VIMS)のキャリブレーション精度向上, 土木学会年次学術講演会公演概要集 66 巻.V-397

[3]嶋田 優樹, 長山 智則, 藤野 陽三:車両の自由走行応答を利用した VIMS による IRI 推定法の提案, 土木学会年次学術講演会公演概要集 67 巻.V-317