

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

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

1. はじめに 東京大学橋梁研究室では低コスト、高頻度、かつ定量的に路面状態を把握するために、路面の平坦性を表す国際的な指標である IRI (International Roughness Index)を推定する VIMS(Vehicle Intelligent Monitoring System)を開発している¹⁾。図1のように計測車両の鉛直加速度を、実車とクォーターカーモデル(以下 QC) 加速度との間の伝達関数 TF を用いて QC バネ上質量加速度 RMS (平均二乗偏差) に変換し、更にこれと IRI の関係を表す近似式を用いて IRI を推定する。簡便に路面評価が可能な VIMS であるが、定速走行を仮定しており実道路への適用における大きな制約となっていた。路面評価の必要性が高い、交通量の多い道路ほど定速走行は難しい。そこで、速度変動のある自由走行下でも IRI 推定を実現するため、VIMS の拡張を提案する。なお、本研究では IRI 評価区間長は、一般的に使用されている 200m と設定した。

2. 自由走行における IRI 推定法 (1)原理 従来は、定速走行時の加速度応答に対し、対応する伝達関数を計測区間全域に対し使用することで IRI を推定していた。新しい方法では、図2に示すように、評価区間 200m 毎に区間平均速度に対応する伝達関数を使用して IRI を推定する。

(2)線形補間による伝達関数推定

評価区間毎に必要な伝達関数を全て速度キャリブレーション¹⁾により予め用意することは困難である。そこで、同一路線を複数の代表的走行速度で走行する速度キャリブレーションを行い²⁾、得られた伝達関数を速度について線形補間することで、任意速度の伝達関数を推定することとした。定速走行により予め用意する伝達関数は 40~70km/h では 10km/h きざみ、70km/h 以上では 20km/h きざみであれば、線形補間により精度よく任意速度の伝達関数を推定できる。図3には、40km/h および 50km/h の伝達関数から線形補完により得られた 45km/h の伝達関数と、45km/h 走行試験から得られた伝達関数を示す。さらに、これらの伝達関数から推定した IRI を示す。両者の IRI 推定値の差は 5%以下である。

(3)評価区間内の速度変動 各評価区間内では平均走行速度における伝達関数を使用するが、評価区間内でも速度変動がある。そこで高速道路実走行時の速度変動を把握するため、NEXCO 中日本管内の路線にて自由走行を行った。評価区間長である 200m 内の速度変動幅は、追い越し走行などの急変部分を除けば、概

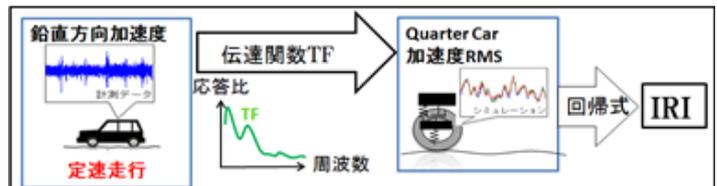


図1 VIMS による IRI 推定プロセス

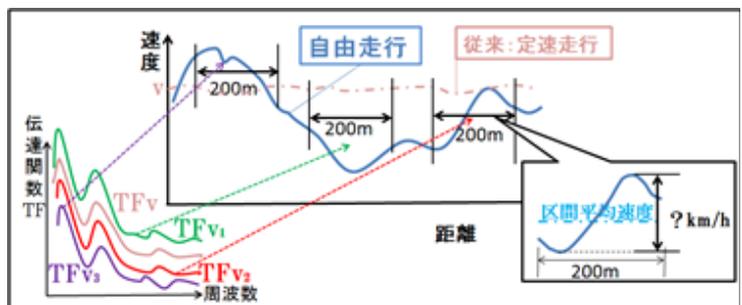


図2 自由走行型推定法概念図

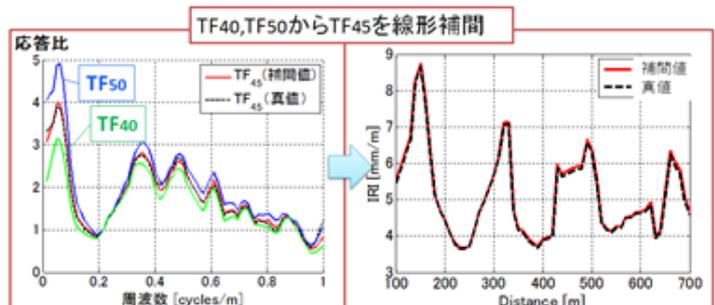


図3 線形補間した TF による IRI

キーワード 路面計測, IRI, 加速度応答, 車両応答, 平坦性, 路面診断

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL03-5841-6099 FAX03-5841-7454

ね区間平均速度の2割以内に収まっていた。

次に、定速走行を仮定する従来の IRI 推定における、速度誤差の影響を調べた。以下、基準となる IRI で無次元化した誤差の対象区間内の RMS を平均推定誤差と定義する。ある速度 v [km/h] で走行した時の伝達関数 TF_v を $v \pm 0.08v$ [km/h] の2つの定速走行データに対し使用すると、平均推定誤差は 9%、 TF_v を $v \pm 0.25v$ [km/h] で定速走行したデータに対し使用すると平均推定誤差は 25%生じた。速度誤差が1割、すなわち $v \pm 0.1v$ [km/h]での定速走行データに対し、 TF_v を用いて IRI を算出した際の平均推定誤差は 10%であり、従来の VIMS で許容していた誤差と同等の範囲に収まる。これを元に、自由走行データについても、評価区間で許容する速度変動幅は区間平均速度 v_m の2割、すなわち $v_m \pm 0.1v_m$ と定めた。

3. 検証 自由走行型推定法の検証のためプロファイルが既知である NEXCO 中日本管内の路線約 3km 区間で、様々な速度で繰り返し走行することで 70km/h から 10km/h 刻みの伝達関数を用意し、さらに 5 回の自由走行を行った。従来通り定速走行して推定した IRI と 5 回の走行に自由走行型推定法を用いて推定した IRI を比較すると、前者を基準とした平均推定誤差は 12%、

13%, 18%, 9%, 9%となった。1 例を図 4 に示す。また評価区間 200m 内の速度変動割合と IRI

推定誤差の関係を調べたところ、IRI 推定誤差の速度変動幅に明らかな相関関係は見られなかった(図 5)。

さらに別の区間約 12km において自由走行型推定法を用いて推定した IRI と高性能検査車から得られた IRI を比較すると図 6 のようになった。両者の IRI 推定値の差は 18%となり VIMS により十分な精度で IRI を推定可能であることが分かった。

4. まとめ IRI 評価区間 200m 内で速度変動幅が平均速度の2割以内に収まることを条件として、速度変動を含む自由走行データから、十分な精度で IRI を推定できることを示した。評価区間 200m 内の速度変動幅は最大で2割と制限しているが、より大きな速度変動を許容できる可能性があり、今後さらなる検証を必要とする。

【謝辞】長崎大学大学院工学系研究科の西川貴文助教、ニチレキ株式会社の鎌田義秋氏、本田巳氏、および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皆さまには数々の有益な助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】1) 朝川皓之ら: 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, 土木学会論文集, 印刷中, 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の精度向上, 第66回年次学術講演会講演概要集, 2011, 9

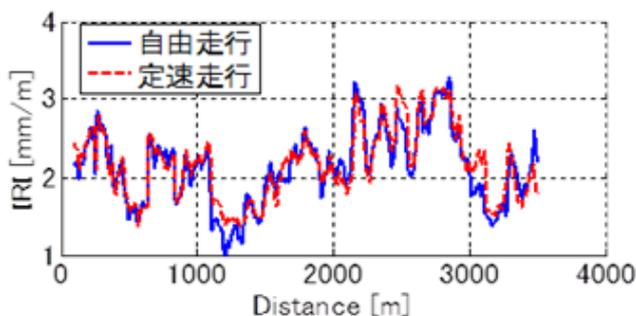


図 4 自由走行型推定法と従来の方法との比較

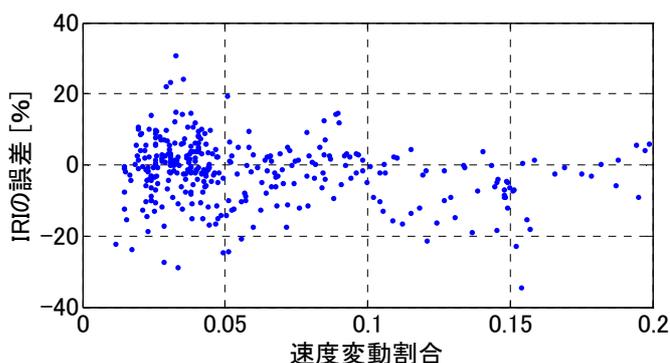


図 5 速度変動割合と IRI 推定誤差の関係

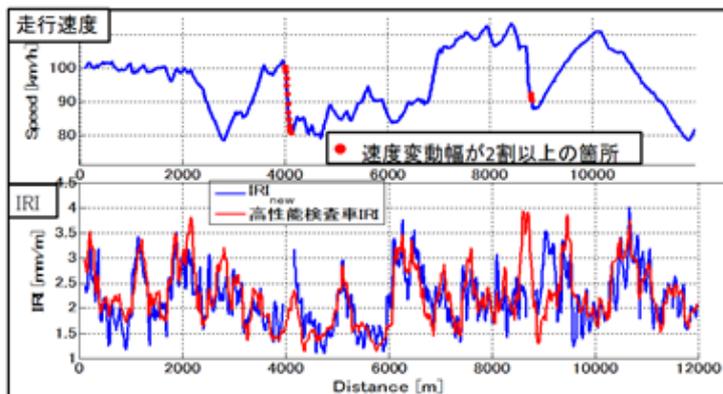


図 6 高性能検査車との比較