

転がり抵抗係数推定に用いる一次元テクスチャのハイパスフィルタリングに関する検討

(株) NIPPO 正会員 ○白井 悠
 (国研) 土木研究所 正会員 川上 篤史
 中央大学 正会員 姫野 賢治

1. はじめに

タイヤ/路面転がり抵抗は路面波長領域10mm~50mの振幅が大きいほど増加し、低速時は短波長領域、速度が上がるほどに長波長領域の影響を強く受ける¹⁾²⁾。これまでに、筆者らは転がり抵抗性能の間接的評価手法として、路面プロファイルを長波長と短波長との2領域に分けて求めた路面指標を組み合わせることで、速度別の転がり抵抗係数推定式を検討しており、このなかで、短波長領域についてはMPDと0.5mm表面積比を提案してきた²⁾³⁾。0.5mm表面積比はMPDよりも推定精度は良いが、算出に必要な二次元テクスチャの測定には図-1に示すような特殊な機械が必要である。このため、本検討では二次元テクスチャより容易に測定が可能な一次元テクスチャを用いた指標について検討を行った。その結果、一次元テクスチャのハイパスフィルタリングとしてエンベロープ曲線を用いた手法について知見が得られたので、その内容を以下に報告する。なお、本検討は土木研究所とNIPPOの共同研究「低炭素舗装技術の高度化に関する研究」に関連して実施したものである。

2. 0.5mm表面積比の算出方法

0.5mm表面積比の算出イメージを図-2に示す。0.5mm表面積比は、図-1に示す二次元テクスチャ測定装置(VR-3000)により測定した二次元テクスチャのピーク値から0.5mm下がった位置までの表面積を100×100mmの単位面積で除することにより求める指標である。



図-1 二次元テクスチャ測定装置

3. 一次元テクスチャのハイパスフィルタリングの検討

一次元テクスチャの検討には、CTメータにより測定したデータを用いることとした。0.5mm表面積比の代替となる一次元テクスチャを用いた指標を検討するため、最初に、ハイパスフィルタリングについて検討した。

検討データの一例を図-3に示す。図-3は、上段がオリジナル波形、下段がオリジナル波形にハイパスフィルタ処理を行ったもので、ハイパスフィルタには基準長100mmの移動平均を用いた。図-3より、オリジナル波形では凹みとなっている波形が、処理後はそれとは逆に凸になっていることがわかる。このため、この方法は、ピーク値からの下がりをもとめたい場合には不向きであるといえる。このように凸形状となるのは、移動平均算出に用いるデータに波形深部のデータが含まれているためであると考えられる。なお、この凸形状となる傾向は、最小二乗法を使用した勾配補正や、バターワースフィルタを用いた場合にも同様にみられた。

以上より、以降の検討では、表面付近のデータのみを用いたフィルタ処理方法について検討を行うこととした。

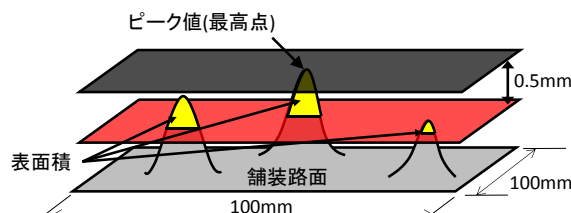


図-2 0.5mm表面積比の算出イメージ

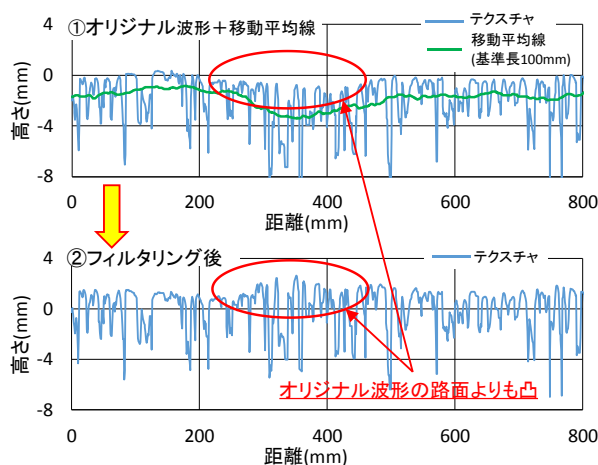


図-3 ハイパスフィルタリング後の波形

キーワード 舗装路面, タイヤ接地圧分布, エンベロープ, 転がり抵抗, 路面テクスチャ

連絡先 〒331-0052 埼玉県さいたま市西区三橋 6-70 株式会社 NIPPO 総合技術部 TEL: 048-624-0755

4. エンベロープ曲線の作成方法

表面付近データの抽出には、路面上を車輪が通過する時の車輪最下部の軌跡として車輪のエンベロープ曲線（包絡線）を用いた。エンベロープ曲線のイメージと算出方法を図-4に示す。エンベロープ曲線の作成に用いる車輪の半径は、転がり抵抗測定に用いる測定輪に合わせ300mmとし、また車輪の材質は計算簡素化のため鉄輪とした。算出方法は図-4に示すとおり、車輪が位置*i*にある時に区間*L*の範囲に凸部があると、車輪は位置*i*のテクスチャ高さよりも hc_i 分上昇する。この上昇分を補正值として、位置*i*の車輪載荷部高さを補正し、エンベロープ曲線を算出した。

5. エンベロープ曲線を用いたフィルタリング

エンベロープ曲線を用いたフィルタリング（Eフィルタリング）の手順を図-5に示す。Eフィルタリングはエンベロープ曲線を移動平均処理（基準長100mm）した波形成分をオリジナル波形から除くことで行った。Eフィルタリング後の波形を図-6に示す。図より、波形深部の影響を受けずにハイパスフィルタリングができることを確認した。

6. 0.5mm表面積比の代替指標の検討

0.5mm表面積比の代替指標とするため一次元テクスチャにおいては、ピーク値から*d*mm下がった高さまでの延長を単位長さ100mmで除した延長比を用いることとした。そこで、*d*が0.5mm, 1.0mm, 1.5mmのときの延長比と0.5mm表面積比との関係を検討した。ここで、0.5mm表面積比は既往文献²⁾を参考にし、一次元テクスチャは国総研試験走路にある密粒度、ポーラス、SMA、低燃費舗装およびRCCPなどの計26路面の測定データを用いた。なお、各路面2測点以上で、各測点3回測定した。結果を図-7に示す。図-7より、ピーク値からの上り*d*が0.5mmのときの延長比（以下、0.5mm延長比）が1.0mmや1.5mmよりも相関係数が大きくなった。

7. 0.5mm延長比と転がり抵抗係数との関係

図-8に、上記26路面で測定した転がり抵抗係数と、0.5mm延長比、0.5mm表面積およびMPDとの相関係数を示す。図-8より、0.5mm延長比は0.5mm表面積比より相関係数は小さくなったが、MPDと比較すると速度60km/hでは同等であり、その他の速度ではMPDよりも大きくなった。

8. まとめ

検討の結果、一次元テクスチャのハイパスフィルタリングにエンベロープ曲線を用いることで、波形深部データの影響を受けないフィルタリングの可能性や、0.5mm延長比が0.5mm表面積比の代替指標となる可能性を見出した。今後は転がり抵抗係数の推定精度向上を目指し、長波長成分も含めた検討を行っていく。

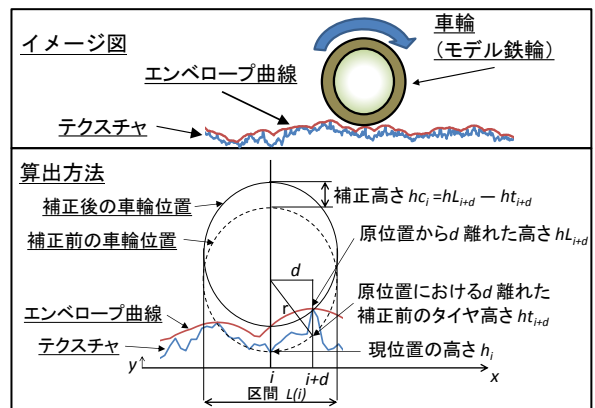


図-4 エンベロープ曲線のイメージと算出方法

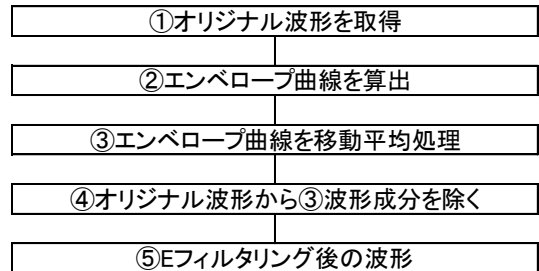


図-5 Eフィルタリングの手順

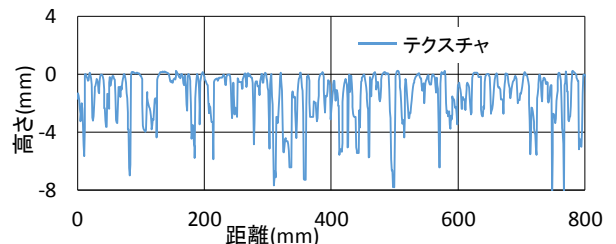


図-6 Eフィルタリング後の波形

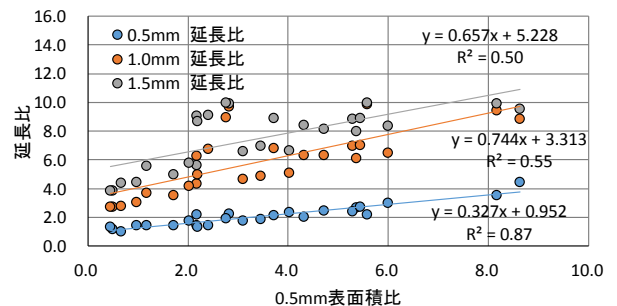


図-7 0.5mm表面積比と延長比の関係

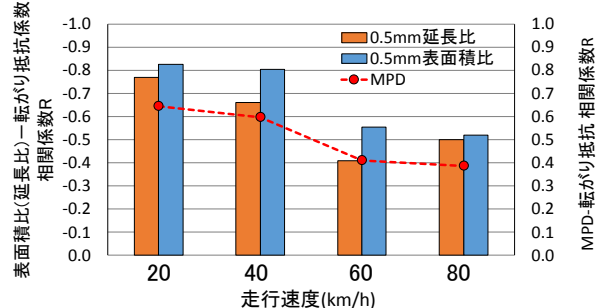


図-8 各指標と転がり抵抗係数の関係

参考文献 1) PIARC: Technical Committee Report on Surface Characteristics, 1978. 2) 白井悠, 石垣勉, 川上篤史, 寺田剛, 藪雅行: アスファルト舗装のタイヤ/路面転がり抵抗と自動車走行燃費の関係, 第21回舗装工学講演会, pp.9-17, 2016.12 3) 川上篤史, 寺田剛, 藪雅行, 石垣勉, 白井悠: 低燃費舗装に求められる性能と路面の性能指標の関係について, 第32回日本道路会議, 2017.11