

車両走行時における音響解析と路面状態との関連性に関する基礎的研究

山口大学大学院 学生会員 ○垣原憂佑 山口大学大学院 非会員 吉武俊章
山口大学大学院 フェロー会員 宮本文穂 山口大学大学院 非会員 水野裕介

1. はじめに

我が国では,高度経済成長に伴い自動車の大衆化,大型が進行した.それに伴い交通量が増加し,交通渋滞の緩和,物資の流通の円滑化などを目的とし,多くの道路が作られてきた.作る一方,路面の劣化が進行し,利用者の安全性を維持するために補修をしなければならない.しかし現在の路面の総距離は数 100 万 km 以上存在する.この路面の中からどの路面を補修すべきか判断しなければならない.この判断基準として,我が国では MCI (Maintenance Control Index) という指標を使用している.MCIの値を求める手法として 2 通りある.1 つ目は道路管理者による測定の方法である.2 つ目は路面性状車による測定である.この 2 つの手法にはデメリットが存在する.前者は,測定するのに多くの時間を要してしまう点である.後者については,多くの資金を要する点である.そこで本研究は短時間かつ低資金による測定を目的とし,公用車にハイビジョンカメラを取り付け,路面性状車により MCIの値が得られている路面を走行した.そのときに採取した音響を解析した.解析した結果,ある周波数域において,路面の状況と MCI との関係が導けた.

2. MCI について

MCI の値を求めるために必要なデータはひび割れ率 (%),わだちばれ量 (mm),縦断凹凸量 (mm) である.¹⁾ これらと旧建設省が行っていた,総合評価値とを合わせ計算することにより MCI の式を 4 つ導いている.MCI の式を以下に示す.

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2} \quad (1)$$

$$MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.3D^{0.7} \quad (2)$$

$$MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3} \quad (3)$$

$$MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7} \quad (4)$$

ここで C : ひび割れ率,D:わだちばれ量,σ : 縦断凹凸量である.

これら 4 つの式の最低値をその路面での MCI 評価値としている.MCI 値と補修の関係を表 1 に示す.

表 1 MCI 値と補修関係

基準値	要否判断
5<MCI	補修の必要性なし
3<MCI ≤ 5	補修の必要あり
MCI ≤ 3	早急に補修の必要あり

3. 音響解析の方法

本研究の音響解析方法は,時間単位での周波数の特徴を見て取れる,スペクトログラム解析.音響データ

の周波数成分のパワーを比較できるようにする FFT 変換.また,特定の周波数域を取り出すフィルタリング処理を行い,標準偏差とその相関係数を求めた.



図 1 計測車両

4. 音響解析の結果と考察

取得した音響データを MCI 評価の良いところ (MCI 値 5 より大きい) と悪い箇所 (MCI 値 5 以下) に分けスペクトログラム化した.図 2 参照

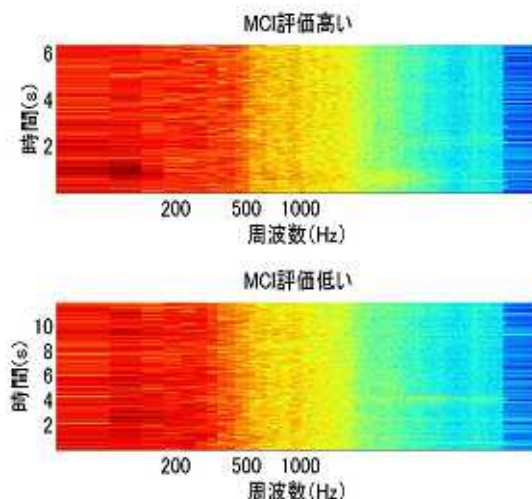


図 2 スペクトログラム解析の結果

このスペクトログラムは赤くなるにつれて大きな振幅値をとり,青くなるほど振幅値が小さいことを示している.図 2 のスペクトログラム解析の結果から,MCIの値に関係なく 500Hz 以下で大きな振幅があることがわかる.この結果から 500Hz 以下と以上に周波数を分けて解析する必要があることが判断できた.さらに詳しい周波数成分を調べるために FFT 変換を行った.図 3 参照.FFT 変換することで,200Hz 以下の周波数域に違いが見られた.MCI評価の高い個所に比べ,低い箇所では周波数のパワーが大きいことが判断できる.さらに,FFT 変換することで,エンジン音の周波数 (30 ~ 40Hz) に共鳴していることがわかった.

この現象は MCI の値が大きいほど、共鳴周波数のパワーが強く、大きな周波数になっても、共鳴周波数がでていることがわかった。

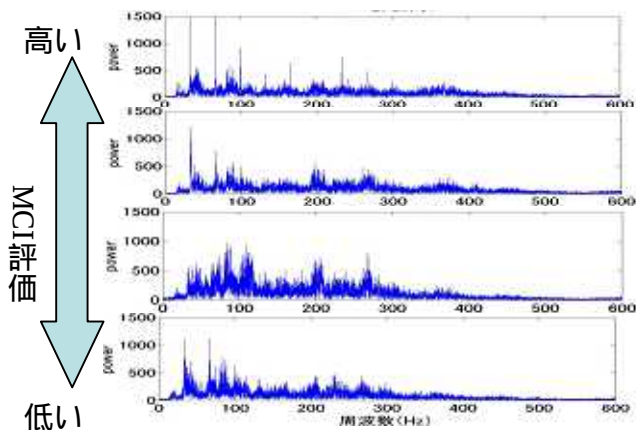


図3 FFT変換の結果

スペクトログラム解析,FFT解析の結果から MCI 評価値と音響との重要な周波数域は 200Hz 以下であることがわかった。また差異の見られなかった 500Hz 以上と重要な周波数域 200Hz 以下の周波数についてフィルタリング処理を行った。結果を図 4,5 に示す。

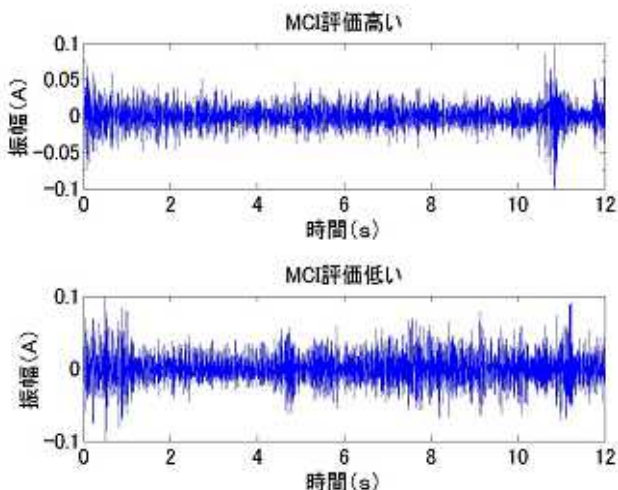


図4 フィルタリング処理の結果(200Hz以下)

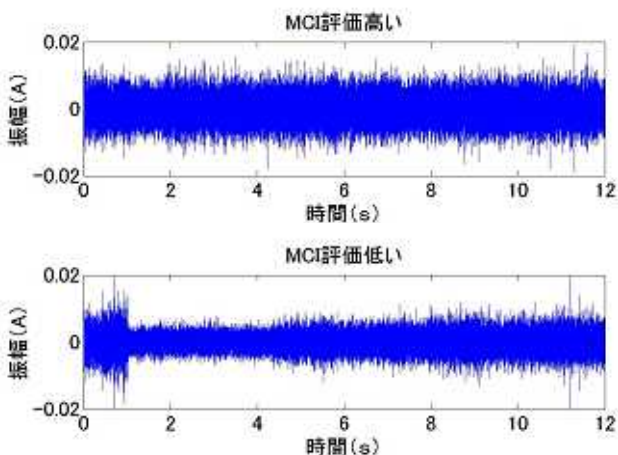


図5 フィルタリング処理の結果(500Hz以上)

図4より MCI の値が低い方が高い方よりも大きな振幅を取り、振幅の波形が荒くなっていることがわかった。また図5の500Hz以上の場合では、MCI の値に関わらず振幅の波形が一定であるが、一部で大きな振幅値を取っている。動画で確認すると路面が盛り上がっている箇所であった。200Hz 以下でも同様な箇所に大きな振幅値を見ることができるが波が荒いため、路面が盛り上がっている箇所とは判断できない。200~500Hz の周波数域は MCI 値の区別をつける判断はできなかった。また 500Hz 以上のように路面の状態を判断することもできなかった。次に 200Hz 以下と 500Hz 以上の音響に対して標準偏差を取り、またその時の相関性を調べた。

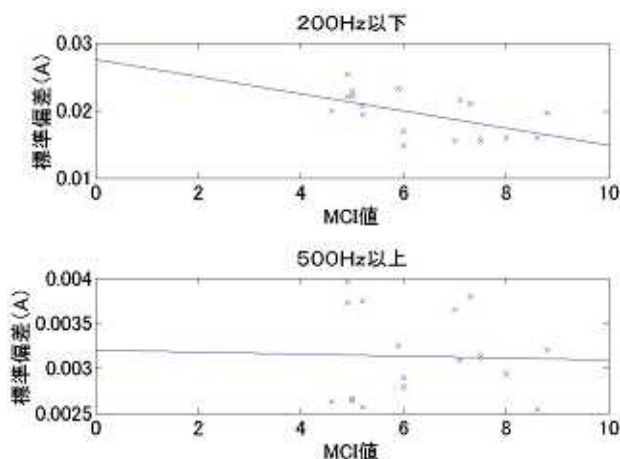


図6 標準偏差

図6の標準偏差の結果から、200Hz 以下では MCI の値が大きくなるにつれて、標準偏差の値は小さくなっている。標準偏差と MCI 値との相関係数は-0.53 となり負の相関性を持っている。つまり路面の状態が悪い箇所では、車両で走行する際大きな音響が発生している。500Hz 以上では相関係数が-0.03 となり相関性が無く標準偏差による路面の判断はできない。

5. まとめ

以下に、本研究の成果をまとめる。

FFT 解析により、エンジンの共鳴周波数から路面を評価することがわかった。

路面の状態を知る周波数は 200Hz 以下 500Hz 以上であることがわかった。

200Hz 以下の周波数では、MCI 値と振幅とに負の相関性があり、路面を評価する重要な周波数域であることがわかった。

500Hz 以上の周波数では、MCI 値と振幅値との関係はないが、路面に存在する段差の有無を判断できる周波数域であることがわかった。

6. 参考文献

- 1) 土木技術資料,山口県舗装設計マニュアル(案)
- 2) 垣原憂佑—車両走行時における音響解析と路面状態との関連性に関する基礎的研究