

車の周波数応答関数を利用した路面性状評価の基礎的研究

北見工業大学大学院 学生員 大越健司
 北見工業大学大学院 学生員 井上要人
 北見工業大学大学院 学生員 榊本友紀
 北見工業大学 正会員 川村 彰

1. はじめに

路面の凹凸が車の運動に多岐にわたって大きな影響を及ぼしていることは周知の事実である。その中でも車に及ぼされる振動については、道路利用者の乗り心地や車体の耐久性に対して大きな影響を及ぼし、またその振動の発生源となる路面の平坦性は舗装の維持管理者の見地においても重要な関心事である。このことから従来から振動に関する研究が活発に行われてきた。既存の研究では乗り心地や耐久性に着目して行われていたため振動加速度計を車のばね上に設置されていたが、本研究では、路面の凹凸をより厳密に把握するために振動加速度計を車のばね下に設置することにした。以上のような背景から本研究では、路面の凹凸プロファイルと車に生じる振動加速度から車に固有の周波数応答関数を算出し、より迅速に、簡便にかつ安価に車の振動特性から路面の平坦性を測定するシステムの開発を主目的としている。

2. 解析手法

路面凹凸のパワースペクトル密度(PSD) $P_x(f)$ が既知である路面を走行したときの車のある部位に生じる振動加速度のPSDを $P_y(f)$ として、x-y間の周波数応答関数を $A(f)$ とすると、次式のような関係が成立する。

$$P_y(f) = |A(f)|^2 \cdot P_x(f) \quad \dots (1)$$

したがって、上式を変形すると、

$$|A(f)|^2 = P_y(f) / P_x(f) \quad \dots (2)$$

となり、 $|A(f)|$ が求めれば、スペクトルが未知の路面凹凸を走行した時の加速度 $P'_y(f)$ によって、

$$P'_x(f) = P'_y(f) / |A(f)|^2 \quad \dots (3)$$

の関係から、未知であった路面凹凸のPSD $P'_x(f)$ が求まる。

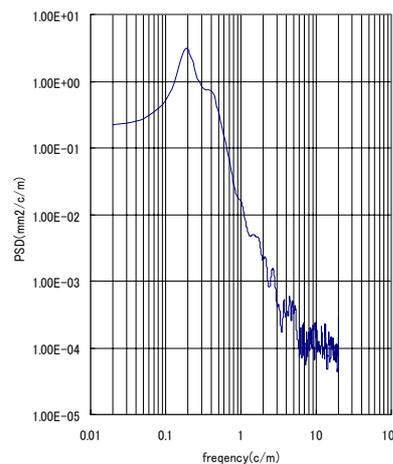


図-1 路面凹凸のPSD

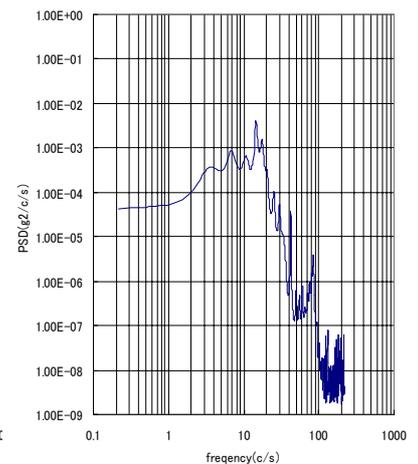


図-2 振動加速度のPSD

3. 周波数応答関数の算定

本研究では、上記の解析原理の式(2)を適用して車の周波数応答関数を求めるため、2000年8月29日、30日に北海道開発局寒地試験道路において、路面の縦断プロファイルが得られている路面上を測定車(いすゞBIGHORN)のばね下に加速度計(株式会社共和電業製 AS-10HB)を設置し、時速40kmで走行したときの振動加速度の測定を行った。ここで、得られた路面及び振動加速度のそれぞれのデータを、最大エントロピー法(MEM)を用いてスペクトル解析を行った結果を図1、図2にそれぞれ示す。また、これらの結果から解析原理の式(2)に基づいて算出した周波数応答関数を図(3)に示す。この図で、1.5(c/m)(17.2Hz)付近(円で囲んだ部分)でピークを迎えていることから、車のばね下の固有振動数領域と一致していることがわかる。

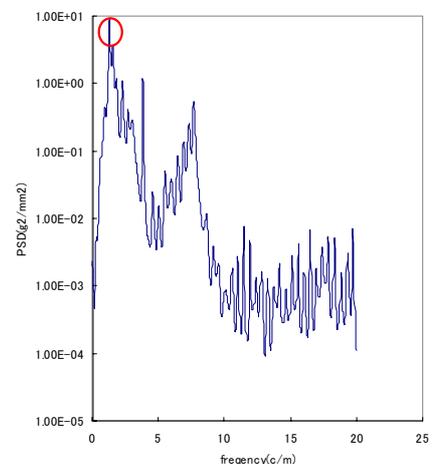


図-3 車の周波数応答関数

Key words: 周波数応答関数、パワースペクトル密度、路面性状評価

連絡先: 〒090-8507 北海道北見市公園町165 Tel 0157-26-9516

4. 路面の平坦性の実測

前節で算出した車の周波数応答関数を用いて実際に路面の平坦性を測定するために、2000年12月12日に北海道北見市農道離着陸場、2001年2月14日に北海道美幌町町道655号道路及び美幌バイパスの計3箇所において、同一の測定車の同一箇所に加速度計(株式会社共和電業製AS-20HB)を設置して時速40kmの条件で路面を走行したときの振動加速度のデータの測定を行った。ここで得られたデータを解析原理の式(3)にあてはめて求めたそれぞれの路面の未知であった凹凸のPSDと、北海道開発局寒地試験道路において測定した路面凹凸のPSDとを比較したグラフを図4に示す。この図から、周波数応答関数を用いて求めた路面凹凸のPSDのグラフと実測により求めた北海道開発局の路面凹凸のPSDグラフとがよく類似した形状を示していることがわかる。

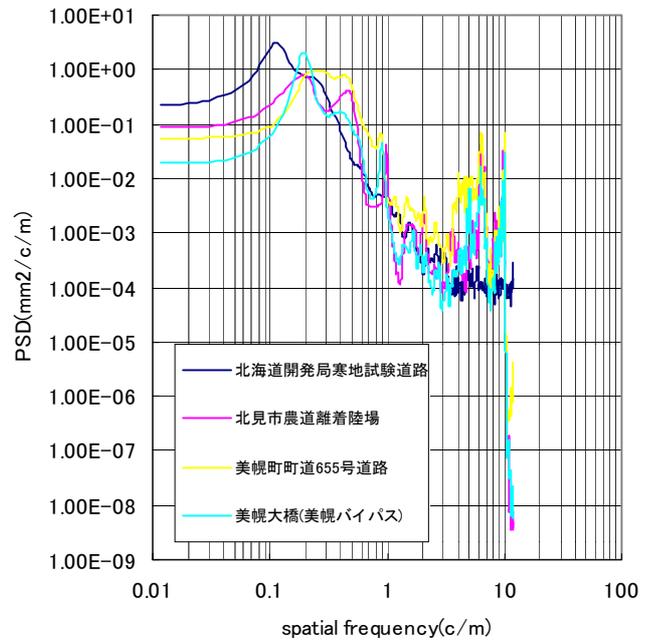


図-4 路面凹凸 PSD 比較図

5. 路面性状の評価

測定によって得られた路面凹凸の PSD により路面の良否を評価するために、ここでは ISO(国際標準化機構)8608²⁾による評価方法を採用した。路面凹凸の PSD は、通常の走行速度の自動車振動に影響する凹凸周波数の範囲において指数関数に近似され、次式のように表される。

$$S(n)=a \cdot n \quad \dots (4)$$

ここで、a は路面の平坦性を表す平滑度パラメータであり、n は周波数の傾きで、凹凸に関する周波数の分布度を示している。図4で示したそれぞれの路面凹凸 PSD を式(4)で指数関数に近似した値を表1に示す。次に、図4で示した路面凹凸のPSDのうち美幌大橋(美幌バイパス)について ISO8608 の評価基準にあてはめたグラフを図5に示す。この図から 0.2(c/m)及び 10(c/m)の周波数帯でグラフの形状に大きな変化が見られ、ここでの波状成分が顕著であることが分かる。

表-1 曲線適合の結果

測定箇所	a 値(mm ² /c/m)	値
北海道開発局寒地試験道路	0.0032	1.755
北見市農道離着陸場	0.0057	2.097
美幌町町道 655 号道路	0.0181	1.990
美幌大橋(美幌バイパス)	0.0039	2.016

6. おわりに

本研究により、車の周波数応答関数を用いて、平坦性が未知である路面の凹凸 PSD を測定するとともに、さらに ISO 評価基準に適合させることで路面の性状評価が可能となった。今後の課題として、夏期、冬期を含むさまざまな路面について測定を実施し、システムの精度及び実用性の検証を行っていくことが重要となる。

本研究では北海道開発局開発土木研究所維持管理研究室及びいすゞ自動車北海道試験場の関係各位に多大なるご協力を得た。ここに記して謝意を表す。

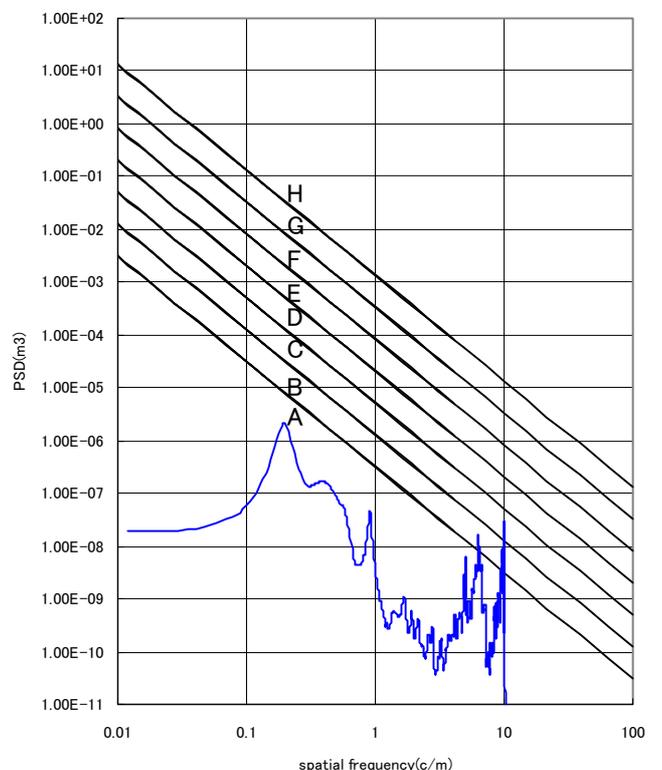


図-5 ISO8608 適合図

参考文献

- 1) 加来照俊、川村彰：路面の凹凸と車の動に関する一考察、第14回日本道路会議論文集、pp.655-656、1981
- 2) ISO8608：Mechanical vibration-Road surface profiles-Reporting of measured data, pp.17-21, 1995