

IV-14

車速を考慮した路面凹凸の評価方法 -振動乗心地を例として-

函館工業高専 正員 川村 彰
北海道大学 工学部 正員 加来 照俊

1. はじめに

これまでに、路面の凹凸の評価については、幾つかの手法が提案されてきている。本研究は、道路の利用者側の見地に立つ路面の評価には、車の走行状況に大きな影響を与える車速の考慮が不可欠であることを考慮し、これらについて従来より研究がなされているドイツのブランシュバイク工科大学の研究などをもとに振動乗心地の評価を行なったのでここに報告する。

2. 路面凹凸の表現

今日における路面の凹凸の測定技術は、超音波やレーザー光線による測定などにより、精密で高速測定が可能となってきた。測定された路面の凹凸は、波状特性を一般に有することから、そのランダム特性を統計的に把握する際は、パワースペクトルにより定量化され、評価されることが多い。

路面の凹凸のパワースペクトルは、一般に空間周波数 Ω (cycle/meter) により示されるが、車の走行速度を考慮して路面の波形を把握する場合は、時間周波数 ω (Hz) の方が、振動乗心地との相関を解析する際には処理しやすい。空間周波数と時間周波数の関係は、車速を v (m/s) として、 $\omega = v \cdot \Omega$ で与えられる。

したがって、空間周波数で表示された路面の凹凸パワースペクトル $\Phi_h(\Omega)$ と時間周波数表示のもの $\Phi_h(\omega)$ には、

$$\Phi_h(\omega) = \frac{1}{v} \Phi_h(\Omega) \quad \text{の関係がある。}$$

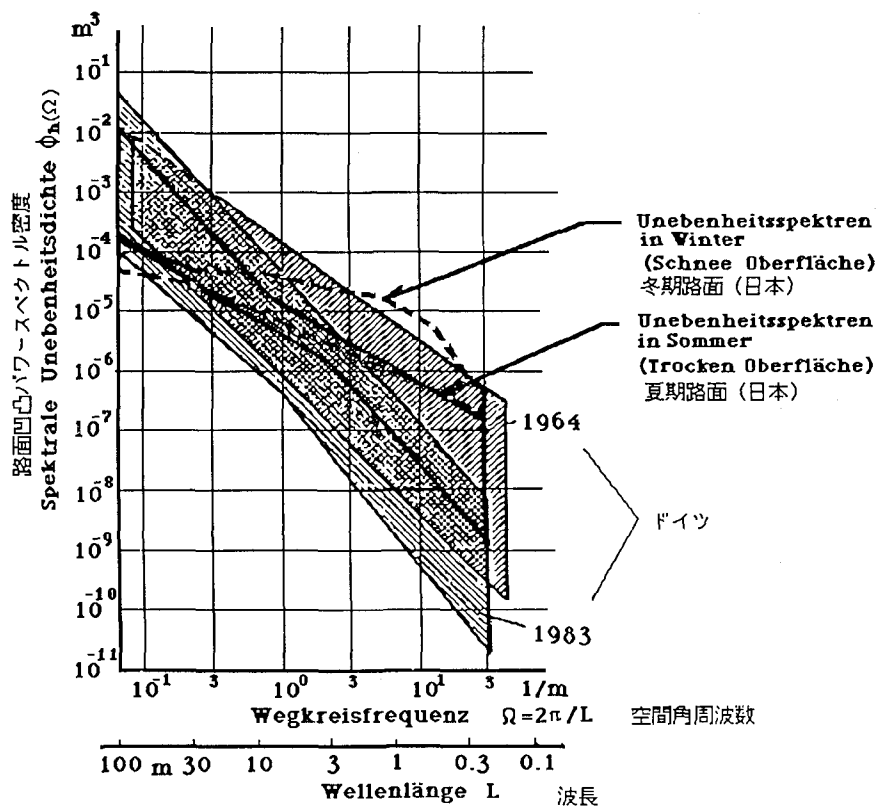
筆者らは、これまで夏期及び冬期の各種路面の凹凸のパワースペクトルを測定し、ISO (国際標準化機構) による評価基準²⁾ により評価を行ってきた。諸外国でも舗装のマネージメントなどの関連から、定期的に路面状況の把握がなされている。ドイツ連邦共和国 (旧西ドイツ連邦共和国、以下ドイツと呼ぶ) においても、FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.) の重点プロジェクトとして車と路面の相互作用について扱っており、ブランシュバイク工科大学のミチュケ (Mitchke) らは、ドイツ国内の広範囲にわたって路面の凹凸のスペクトルを測定し、過去の状況との比較を行なっている。¹⁾

筆者らの測定結果²⁾ とこれらのデータとの比較を図-1に示す。ドイツのデータは、積雪状態のデータが含まれていないので比較は難しいが、その他に関しては、おおよその一致を見ている。

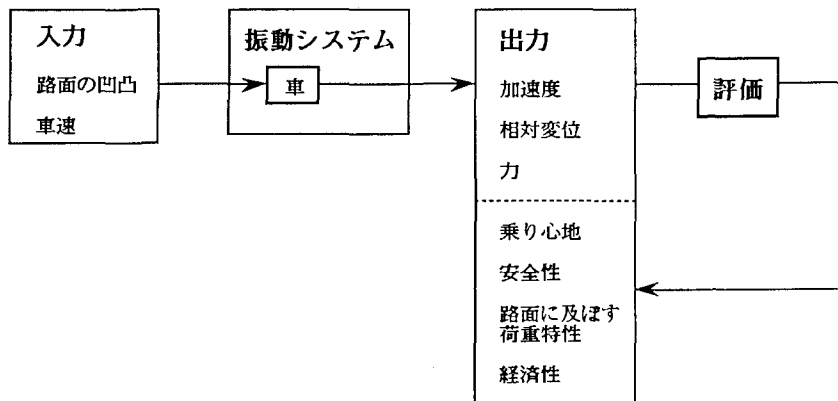
3. 車の振動モデル

車の振動をシステムの考察した場合、図-2に示すブロック図が考えられ、振動システムにおいて車の振動を理論的に解析する際には、その目的及び解析周波数に応じて用いる車の運動モデルが異なるのが一般的となっている。米国のASTM (American Society of Testing Materials) の「車の運動と路面の相互作用」に関する作業部会では、車の振動解析に用いる車のモデルを幾つかに分類し、規格化を試みている。³⁾ (図-3参照) 特に、Quarter-car モデルは、計算が容易なこともあって、舗装の構造設計や車で測定された振動加速度のデータから路面凹凸状況を予測する際などにも用いられている。

A Method of Road Roughness Evaluation Considering Vehicle Velocity : A Case of Riding Comfort on Vehicle Vibration by Akira KAWAMURA and Terutoshi KAKU



図一 路面の凹凸のパワースペクトル測定例 (日独比較)



図二 車の振動システムのブロック図

4. 振動乗心地の評価方法

車の乗員に対する振動乗心地の評価に関する研究は、これまでに数多くなされてきている。

かつては、単一の評価基準で評価を行っていたが、今日では複数の評価基準を総合して、乗心地の評価を行なうようになってきている。ここでは、座席の乗員の乗心地について体形化がなされてきているドイツの評価基準⁴⁾を報告する。

座席の乗員が感じる振動の程度は、身体の上肢部 (z_{hand})、下肢部 (z_{feet}) 及びシート部 (z_{seat}) の上下方向の振動に加えて、ローリング (χ) やピッチング (φ) などの角変化によっても影響を受けることから、ドイツ技術者協会の評価基準 (VDI-Richtlinie 2057) では、乗り心地指標 (K-Wert) と加速度により、各影響項目の振動強度に関係した個々の評価関数 (B_i) を提案している。(図-4 参照)

特に、角変化に対する評価基準を設定していることが、他の評価基準と異なる点である。

B_i と前述の路面の凹凸パワースペクトル ($\Phi_h(\omega)$)、車の振動システムの伝達関数とは次の関係があり、

$$K_i^2 = \int_0^\infty B_i^2 \cdot \left[\frac{\hat{z}_i}{h} \right]^2 \cdot \phi_h(\omega) d\omega$$

ここで、 B_i ; 評価項目 i の乗心地評価関数

$\frac{\hat{z}_i}{h}$; 波状路面の振幅に対する項目 i の振動加速度の実効値 (伝達関数)

車速に応じた路面の凹凸と振動乗心地との相関関係を把握することができる。

前述のQuarter-car モデルを用いて、車速に対する路面ごとの乗心地評価指標 (K_i ; ここでは、ばね上質点における上下方向加速度を対象とした) の変動を解析した例を図-5に示す。図における $KZ=25$ は、1時間振動暴露時間におけるISOで示されている "Exposure Limit" (耐久限界) に相当することなどから路面状況に応じた車速の設定条件を考慮することができる。

5. あとがき

本研究は、著者が文部省の在外研究時にドイツで行なった研究⁵⁾の一部であり、従来行なってきた車-人-道路系に基づく路面状況評価の一環でもある。他の分野への応用が期待されることもあり、今後より複雑な路面状況下における解析や舗装の構造設計との関連なども報告予定である。

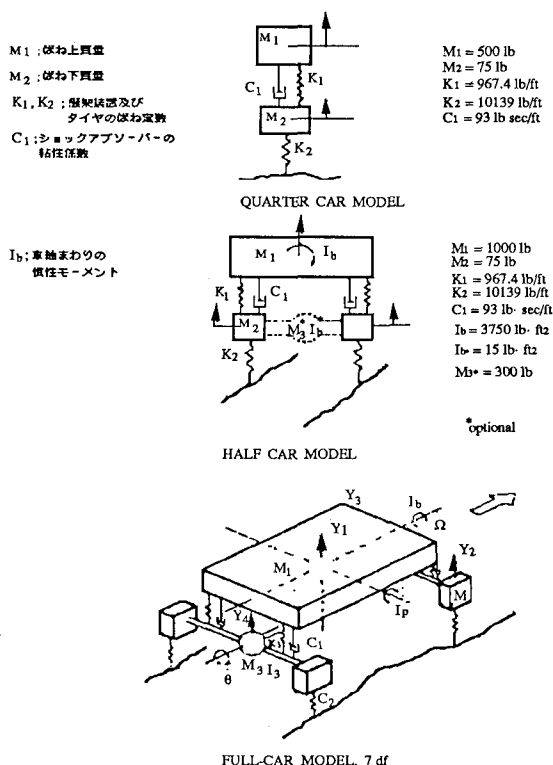
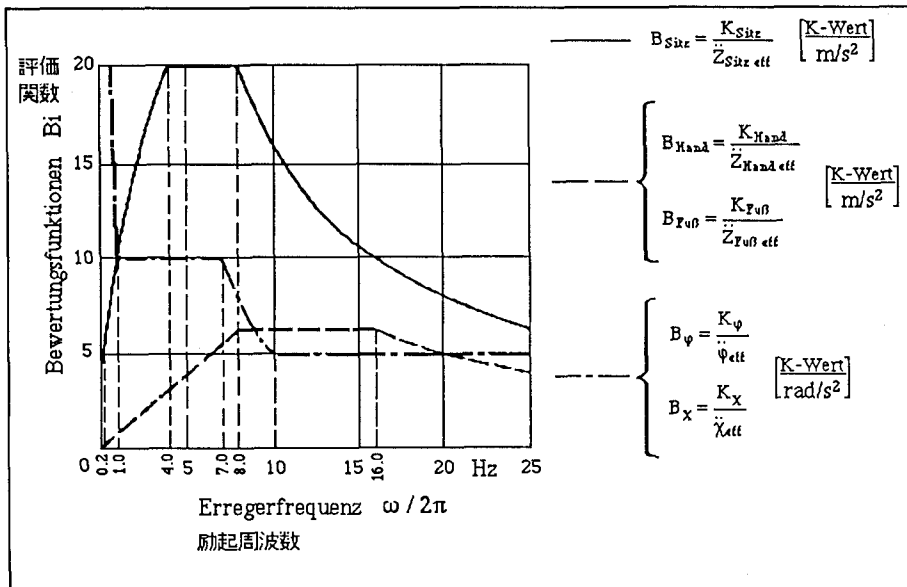


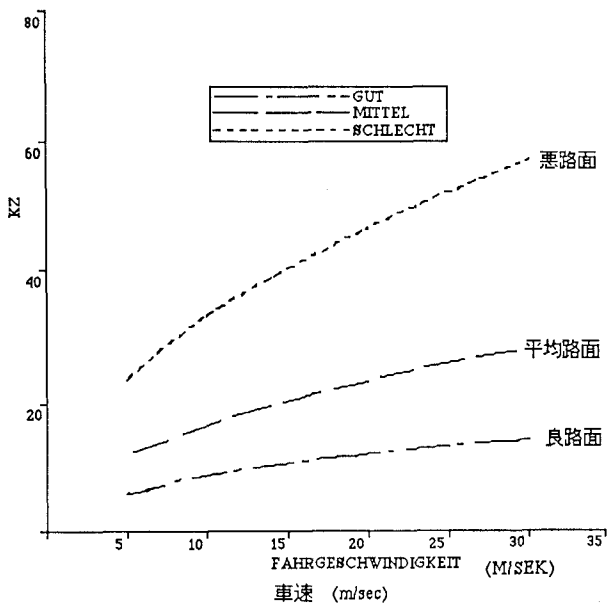
図-3 車の振動モデル



図一4 人体に及ぼす振動の評価関数

参考文献

- 1) Mitchke, M. : Sammlung und Auswertung von Straßenunebenheitsdaten, Berichte Nr. 561, Institut für Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig, 1995.
- 2) Kawamura, A. and Kaku T. : An evaluation of road roughness and the effects on riding comfort and vehicle dynamics, Proc. of JSCE No.359,1985.
- 3) Wambold J. C. : Road roughness effects on vehicle dynamics, ASTM Special Technical Publication 884, University of Michigan Transportation Research Institute, 1983.
- 4) VDI : Beurteilung der Einwirkung mechanischer Schwingungen auf der Menschen, VDI Richtlinie 2057, 1983.
- 5) Kawamura, A. : Zur Wechselwirkung zwischen Straßenunebenheiten und Fahrzeugbewegungen, Bericht über die Forschungstätigkeit am Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, Fachgebiet konstruktiver Straßenbau Universität Hannover, 1990.



図一5 Quarter-car モデルによる評価値の算定