

自動車の振動加速度を利用した路面性状評価に関する基礎的研究

Basic study on road surface evaluation by use of acceleration of a vehicle

北見工業大学大学院
北見工業大学工学部
北見工業大学工学部
北見工業大学工学部

○学生員 谷本 晃一(Kouichi Tanimoto)
正会員 川村 彰 (Akira Kawamura)
正会員 白川 龍生(Tatsuo Shirakawa)
尾崎 佳人(Yoshito Ozaki)

1. はじめに

道路と車両が直接接する部分である舗装路面の良否は、道路の快適性、安全性、円滑性、環境の保全などにおいて重要な役割を果たしている。特に車体の操縦性・安定性や耐久性などに大きく影響を及ぼす振動の発生源である路面の平坦性を把握することは、道路管理者はもとより道路利用者にとっても重要である。

路面性状の測定、とりわけ路面プロファイルの測定は、一般的には路面性状測定車やプロフィロメータ等によって行われているが、一般道路の速度領域であれば、市販の振動加速度計を自動車に設置するといったシンプルな構成であっても、デジタル信号処理を施す事によって、実用上十分な精度で推定することができる。しかしながら段差やコルゲーションといった衝撃的な成分については推定の範囲外になっており今後の課題とされていた。

そこで本研究では、主として時系列解析の見地から、自動車に生じる振動加速度の分布に着目し、一般道路における車輪の輪荷重の推定による路面性状の評価に関する基礎的な分析結果を報告する。なお測定場所としては、釧路～弟子屈付近及び美瑛～名寄付近における主要国道とした。

2. 測定方法

自動車ばね下の上下方向振動加速度の測定は、写真-1に示す測定車のばね下(左前輪付近のロアアーム)に市販の振動加速度計(±196.1m/s²(20G)写真-2)を設置し一般国道を速度50km/hで1~2回測定するものである。測定距離としては100~400mとした。

測定車の仕様を表-1に示す。振動加速度系は写真-3のように測定車の左前輪付近のロアアームに取り付けた。図-1に振動加速度の測定するシステムの概要を記す。写真-4はそれぞれの機器を接続した写真である。各測定機器の概要は以下の通りである。



写真-1 測定車

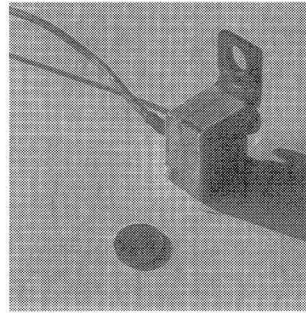


写真-2 振動加速度計

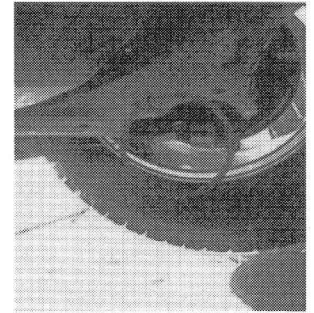


写真-3 振動加速度計
取り付け後

表-1 測定車の主な仕様

フロントサスペンション	ロータスチューニング・ダブルウィッシュボーン・トーション バースプリング式独立懸架
リアサスペンション	ロータスチューニング・4 リンクコイルスプリング式 車軸懸架
ショックアブソーバー	ロータスチューニング・ガス封入筒形油圧複動式
タイヤ・前後	245/70R/16

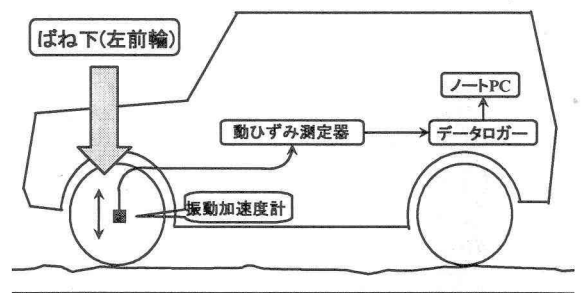


図-1 システムの簡略図

・振動加速度計(ひずみゲージ式加速度変換器)

走行車両の加速度、車体、機械などの振動をひずみゲージを用いて電氣的出力(微小電圧)に変換し、各種測定器に接続し、加速度や振動の測定を行うための機器である。表-2に本研究で使用した加速度計の主な仕様を記す。

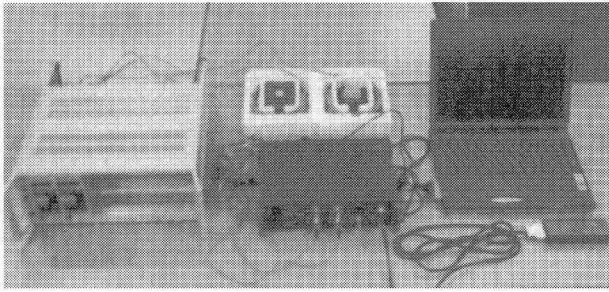


写真-4 測定機器の接続例

表-2 加速度計の主な仕様

定格容量	196.1m/s ² (20G)
応答周波数範囲	0~650Hz
定格出力	1124×10 ⁻⁶ ひずみ
非直線性	1.00%R0 以内
許容温度範囲	-15~65℃
校正係数	0.01779G/1×10 ⁻⁶ ひずみ
入力抵抗	120.9Ω
出力抵抗	120.9Ω

・動ひずみ測定器

動ひずみのような変化の早い現象の計測を行う際に、振動加速度計(ひずみゲージ式加速度変換器)の出力を増幅するための機器である。

・データロガー

パソコンと接続して、音響や振動データを解析できる機器で、スループットディスク機能(音や振動の生波形を直接パソコンに記録することができ、劣化のないデジタルデータとしての保管が可能)及び、オフライン解析機能(スループットディスク機能で記録したデータを計測ユニットから切り離し、パソコンのみで解析することができる機能)を有している。

・ノートパソコン

データの保存や簡単な処理を行う。データの測定中に、リアルタイムで得られたデータの様子をノートパソコンのモニターで確認することが可能である。また測定後のデータの切り取り等もパソコンで行う。

3. 分析方法

本研究では、各測定区間で得られた振動加速度データの度数分布図を求め、一般的な速度で路面上を車両が走行した際に生ずる振動加速度の発生傾向について、主として時系列的な側面から分析しばね下部に生じる、輪荷重を推定した。分析手順を以下に示す。

- 1) 振動加速度データのサンプリング間隔を統一
- 2) 加速度の最大振幅を算出
- 3) 度数分布の傾向分析
- 4) 輪荷重の推定

ここで、輪荷重の推定は次式を用いた。

$$F = m \cdot a \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに

F: 輪荷重(kN)

m: 前輪に掛かる荷重(t)

a: ばね下振動加速度(m/s²)

4. 測定概要

上下振動加速度の測定は、2002年及び2003年の11月期に釧路～弟子屈付近及び美瑛～名寄付近において行った。測定箇所を図-2に示す。当該箇所に存在する路面損傷等を写真-5及び6に示す。測定路面は測定車が他車両等に支障しないよう安全にUターンができるような場所があるか、測定車が加速するのに十分な距離があるか、50km/hで測定する際に法定速度内であるか、などを考慮して設定した。

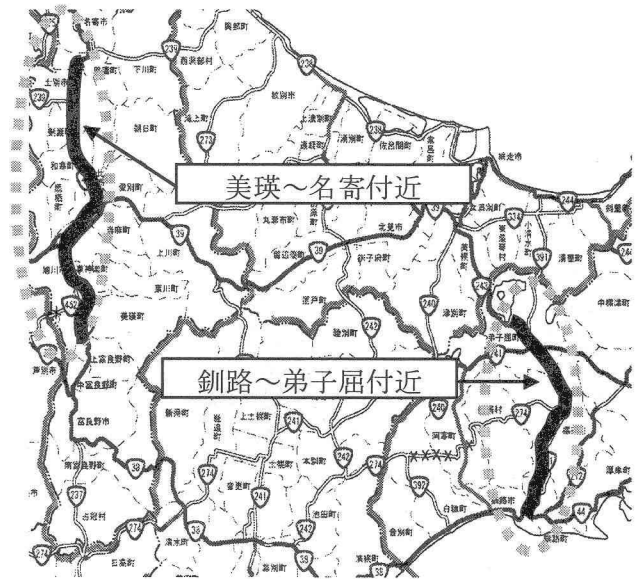


図-2 測定箇所

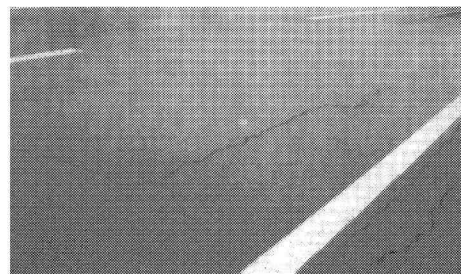


写真-5 縦断横断クラック

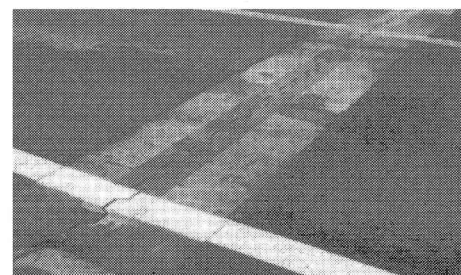


写真-6 橋ジョイント

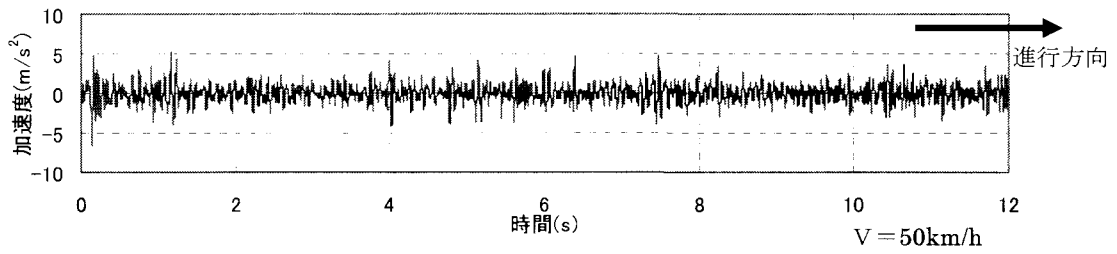


図-3 平坦な路面

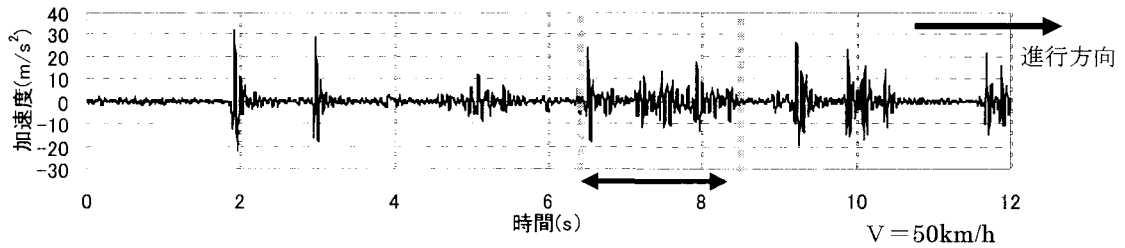


図-4 コルゲーション・パッチングが存在する路面 (矢印はコルゲーション区間)

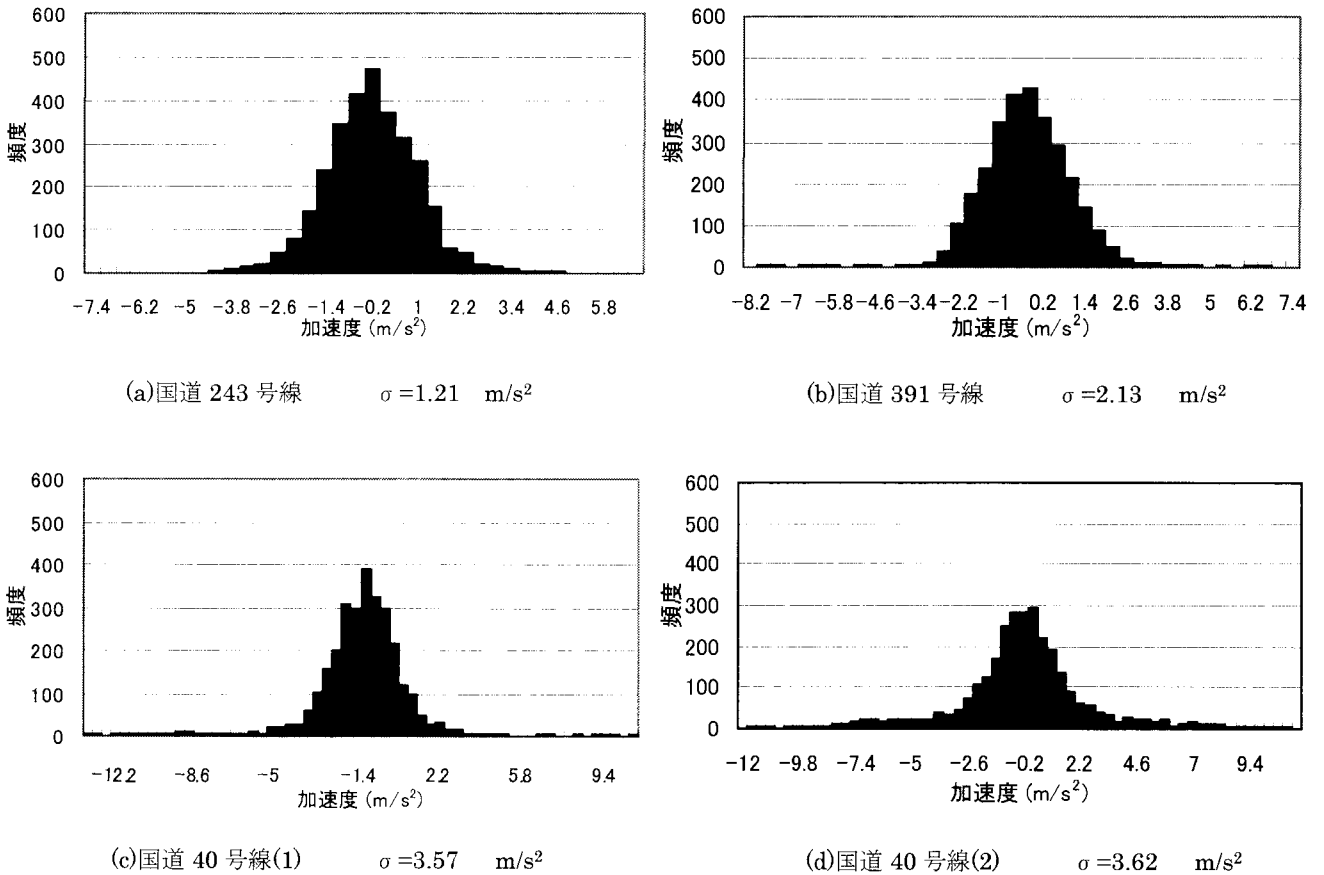


図-5 解析に用いた度数分布図

5. 加速度波形の度数分布

計 20 箇所の振動加速度はサンプル数を統一するため各 12 秒間とした。平坦路面、損傷路面の振動加速度の波形例を図-3、図-4 に示す。

各加速度データの度数分布のうち平坦性の程度に応じて代表的なものを選び、図-5 に示した。(a), (b) は比較的平坦な区間であり(c), (d) はやや経年変化が進んでいる区間である。加速度の分布は、 3σ の範囲に約 99% のデータが含まれ、形状的にも正規分布に近いものを示している。またこの図から、時速 50km/h 程度で走行した場合、本研究で用いた測定車(SUV 車：道路パトロール車両と同等の諸元)であれば、正規分布と仮定すれば通常は $\pm 1\sim 4\text{m/s}^2$ 以内の範囲(1σ)に収束すると思われる。

なお、段差など局所的な路面凹凸上を走行した際に生ずる衝撃的な加速度については、本研究の実測値の場合、図-4 に示す区間においては最大 30m/s^2 程度の加速度が生じていた。

6. 輪荷重の推定と測定機器の規格の考察

式(1)によって加速度波形から輪荷重の推定を行うと、以下ようになる。

定常的に生じるとされる $\pm 1\sim 4\text{m/s}^2$ 程度 の場合、約 $0.6\sim 2.6\text{kN}$ 程度の輪荷重が生じていると思われる。また、衝撃的な輪荷重については約 19.2kN 程度と推定される。これは大型車に比べ非常に小さい値であり、本研究で測定した条件であれば、舗装の破壊、車両の耐久性及び走行安全性を脅かすものではないと思われる。

本研究は基礎的な研究段階にあり、特に局所的な路面の凹凸と車両の振動加速度の相関については、現在分析を進めているところである。自動車の振動加速度を用いた路面性状の調査及び評価は、道路パトロール作業などの組み合わせにより効率的に実施できるため、路面性状の経年劣化のモニタリングなどを比較的容易に実現できる。また、自動車の耐久性の面から分析を進めることにより、局所的な路面の凹凸が道路利用者にも与える影響を定量的に評価するツールとして有用であると思われ、今後検討を進めたいと考えている。

なお使用する加速度計の規格については、一般道で通常速度領域で走行すれば、ばね下加速度は約 $\pm 50\text{m/s}^2$ の範囲に収束するため $49\text{m/s}^2(5\text{G})$ 程度であれば十分であるがさらに余裕をみて $98\text{m/s}^2(10\text{G})$ の加速度計を使うのが望ましい。本研究では $196\text{m/s}^2(20\text{G})$ の加速度計を使用した。実際に測定した範囲は本来の性能の四分の一程度であった。

7. まとめ

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- SUV 車が一般道を通常速度で走行する際に生じる加速度は $\pm 1\sim 4\text{m/s}^2$ (約 $0.6\sim 2.6\text{kN}$)程度であり、局所的な路面凹凸上を走行する際には $\pm 30\text{m/s}^2$ (約 20kN)

程度の加速度が生じていると思われる。路面へ与えるダメージとしては小さいと思われるが、車両の耐久性の観点から、今後路面性状が道路利用者にも与える影響について詳細に検討する必要がある。

- 本研究の測定条件と同等であれば、使用する加速度計は $\pm 98\text{m/s}^2(10\text{G})$ の規格で十分であると思われる。

謝辞

本研究にあたり、北海道開発局の関係各位にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 白川龍生, 川村彰, 中島繁則, 中辻隆: 車両の振動加速度を利用した路面プロファイル推定システムについて, 交通工学, Vol.38, No.6, pp.323-41, 2003
- 2) 大越健司, 川村彰, 白川龍生, 後藤謙太: 車の周波数応答関数を利用した路面性状システムに関する研究, 平成 14 年度土木学会北海道支部論文報告集 第 59 号 pp734-735, 2003
- 3) 川村彰: 路面の評価—平坦性に着目して—, 舗装 Vol.36 No.8, 建設図書, 2001
- 4) 田代嘉宏, 脇本和昌, 大崎絢一: 確立と統計要論, 森北出版株式会社, 1979
- 5) 土木学会舗装工学委員会編: 路面のプロファイリング入門: 土木学会, 2002