

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760288
 研究課題名（和文）道路ユーザーの安全・安心感を重視した予防保全型舗装補修計画策定支援システムの開発
 研究課題名（英文）Development of the pavement repair scheme of the preventive maintenance model adopted security / safe feeling of road users'
 研究代表者
 白川 龍生（SHIRAKAWA TATSUO）
 北見工業大学・工学部・助教
 研究者番号：50344552

研究成果の概要： 道路舗装の補修計画に際し、道路ユーザーの安全・安心感に悪影響を及ぼす路面形状を巡回時に検知し、損傷が進行する前に優先的に修繕するしくみを提案することを目的に実施した。はじめに複数のモデル区間を設定し、当該区間における路面一車両間の相互作用データを収録・学習した。その後、当該データに基づいて、事後の定期的な道路巡回業務の過程で「ターゲット振動」を車載センサで検知し、位置情報を自動的に記録、補修計画策定に活用するシステムの開発、の手順で行った。

交付額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2008年度 | 2,400,000 | 720,000 | 3,120,000 |
| 2009年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |

研究分野： 工学

科研費の分科・細目： 土木工学、土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード： 維持・管理、予防保全

1. 研究開始当初の背景

路面損傷の進行を予防し、道路ユーザーに安全・安心な路面を提供するためには、損傷原因である車両振動を抑制する必要がある。ここで、車両の振動は路面凹凸の波高・波長が同程度でもその形状に差異がある場合、異なる発生傾向を示すことがある。波形によっては、乗員に及ぼす悪影響が懸念されるため、速やかに補修しなければならない。一方、将来的には補修が必要だが、緊急性はない場合もある。これまでは両者が統計処理の過程で同等に扱われていたが、国の道路予算の縮小や性能規定化に伴い、評価方法の見直しを要

する時期にある。しかし、路面の縦断凹凸（プロファイル）は、維持管理目的のデータベースが十分に整備されておらず、多くの道路ではパトロール車両による定期巡回、及び道路ユーザーからの通報など、現在も「主観」による管理がなされている。

2. 研究の目的

本研究は、道路舗装の補修計画策定に際し、道路ユーザーの安全・安心感に悪影響を及ぼす凹凸形状を道路巡回時に検知し、損傷が進行する前に優先的に修繕するしくみを提案することを目的に実施した。

3. 研究の方法

車両振動および当該振動発生の原因となる路面段差（図-1）がユーザーの地点乗り心地に及ぼす影響を分析するための地点乗り心地評価試験を実施した。実施条件は以下の通りである（図-2）。

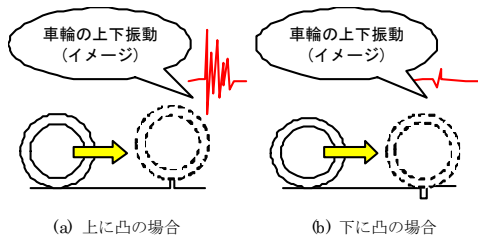


図-1 路面凹凸形状の差異による
車輪上下振動の発生傾向の例

(1) 調査区間の一例

- ・区間長：24.5km
 - ・路面コンディション：夏季，乾燥路面
 - ・特徴：主に盛土区間，主要構造物はボックスカルバート
 - ・平坦性/IRI（国際ラフネス指数）注1）：中央値1.2mm/m，最大3.9mm/m
- 注1）管理基準長は200mであるが，本研究では地点評価を指向しているため，評価ロット長を短くし100mとした。

(2) 測定項目

- ・車両：SUV（道路パトロール車両と同等スペック、図-3）
- ・走行速度：80km/h，100km/hの2段階
- ・計測データ：バネ上/バネ下部の上下方向加速度，乗員の乗り心地評価（スイッチ応答式），GPS軌跡ログ（事後処理でKPに変換），その他（走行映像など）

(3) 被験者条件

評価はいずれもスイッチ応答方式とした。乗り心地評価方法は，一般的な区間乗り心地評価の場合は5段階式など複数の方法があり，これに応じたスイッチも製品化されている。

しかし，走行中の車内におけるリアルタイムによる地点乗り心地評価を行う場合は，5段階式のように選択肢が多いと反応時間を要するため局所評価には適していない。そこで評価方法を単純化し，各被験者にとって「不快」と判断した場合にスイッチを操作する方法を採用した。なお，不快が続く場合はスイッチを押し続けることとした。

今回の被験者はいずれも道路関係者（道路管理者以外の者）とした。

- ・助手席（能動的に近い快適感5）1名
- ・後部座席（受動的な快適感6）1名

4. 研究成果

調査の結果，被験者のスイッチ応答があった箇所数は表-1の通りである。後部座席（受動的な快適感）に比べ，助手席（能動的に近い

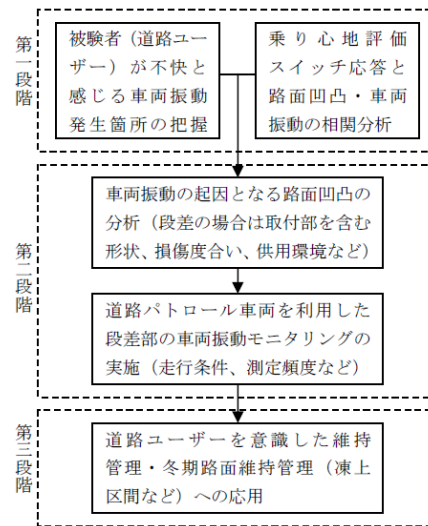


図-2 研究手順

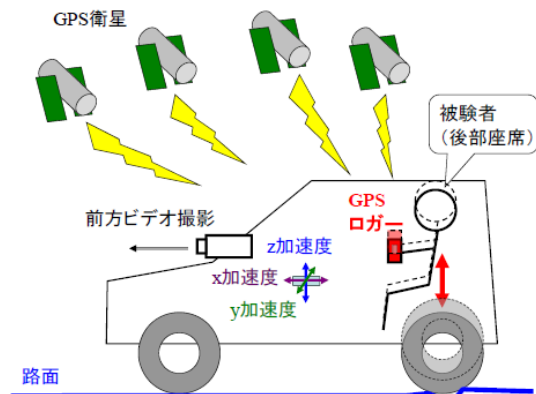


図-3 計測センサの構成

表-1 スイッチ評価箇所数の分布

| | 単位:箇所数 | |
|------|--------|---------|
| | 80km/h | 100km/h |
| 助手席 | 25 | 26 |
| 後部座席 | 15 | 4 |

い快適感)のカウンタ数が多い。これは知覚情報処理の過程で視覚優位の統合が行われたことによると思われる。すなわち，助手席における評価では振動を認知する前に段差が視界内に入るため，過去の自動車運転経験や乗車経験から段差部の揺れが想像できるため，場所によっては実際の振動量に関わらず視覚優位の状態が生じる可能性がある。このことは図-4において反応時間が0.5秒以下の場合が多々確認されることから推察される。特に走行速度100km/hにおけるマイナス表示の箇所については，実際に振動を認知する以前に評価を行ったと考えられる。

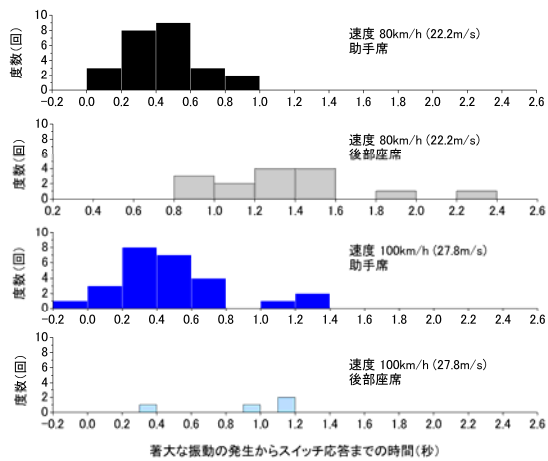


図-4 著大振動の発生から応答までの時間

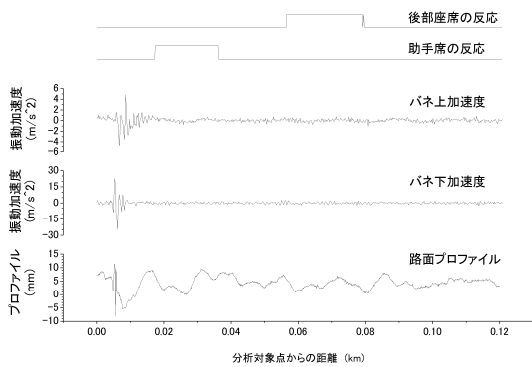


図-5 スイッチ応答に時間を要した箇所

一方、後部座席の場合は助手席に比べ前方が見えにくく、視覚の大半は側方からの情報であり、段差に関する視覚優位は働きにくい。その結果、後部座席の応答は実際の振動を認知した後に行われるため、助手席に比べ評価箇所数は少なくなり応答時間を要すると思われる。図-4にはこの仮説を裏付ける結果が現れており、評価の大半はバネ上加速度の発生後 0.8~1.6 秒の応答時間を要している。なお、評価までに 1.8~2.4 秒を要したケースが2箇所あるが、この箇所は「不快」と「不快ではない」を判断する際の境界に相当すると思われる。当該箇所のプロファイル、バネ上/下加速度とスイッチ応答の関係を図-5に示す。

表-1において100km/hの評価箇所数が少なくなっているが、この理由は80km/h→100km/hの順に同一被験者による評価を行ったため、後部座席の被験者に振動に対する「慣れ」が生じ、2回目の評価に影響したためであり(事後ヒアリングによる)、今後の被験者評価実施においてはこの点に留意する必要がある。

(2) スイッチ応答箇所数と IRI の関係

図-6は調査区間の IRI (100m ロット評価)

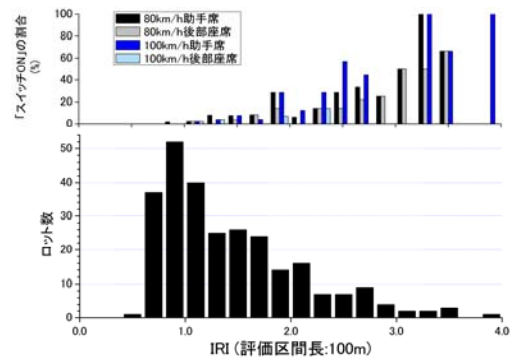


図-6 スイッチ応答箇所数と IRI の関係

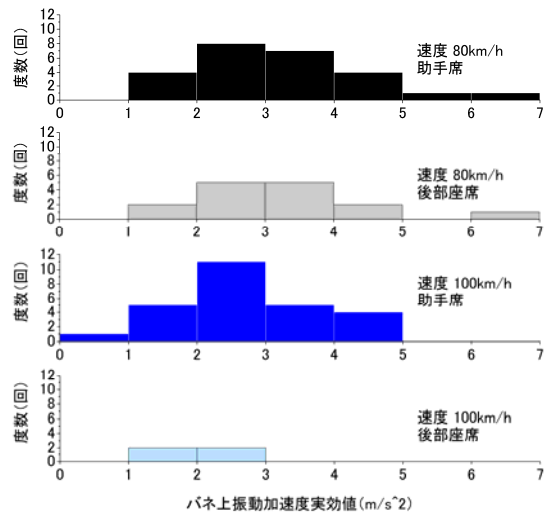


図-7 スイッチ応答箇所におけるバネ上加速度

とスイッチ応答箇所数の関係を示したものである。助手席では IRI が 2.0mm/m を上回るロットについては、走行速度 80km/h, 100km/h いずれの場合も不快箇所数の占める割合が高い。2.0mm/m 以下のロットについては不快に感じる箇所とそれ以外の箇所が混在しているが、1.0mm/m など区間評価値としては非常に高い水準で管理されているロットについても「不快」の評価がなされる場合がある。ただし、助手席の場合は先述のように視覚優位の統合による誤差が生じている可能性もある。一方、後部座席については、特に 80km/h の分布は幅が広いため、今回の調査結果からは区間統計値である IRI は不快評価、特に段差についての説明変数としては一概に適切とはいえない可能性がある。段差管理を中心とする高速道路の乗り心地評価指標としては局所評価に適した動的評価値を導入すべきと考える。

(3) 段差部に生じる振動加速度との関係

段差に起因する不快評価箇所におけるバネ上加速度(実効値、片振幅)の分布を図-7に示す。個人差も十分考えられるが、助手席の場合は後部座席の場合に比べ、分布の幅は広い。これは先述の助手席評価における視覚

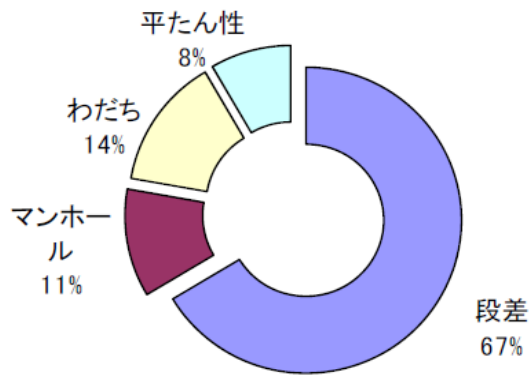


図-8 「不快」に感じた箇所の割合

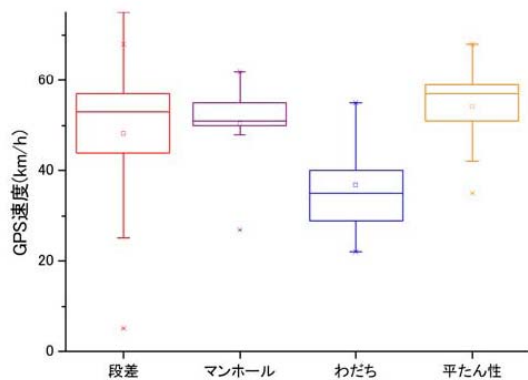


図-9 不快要因と走行速度の関係

優位の統合の影響、および後部座席における慣れの影響が現れていると考えられ、事後の詳細分析を要するが、走行速度 80km/h の場合、今回得られた不快評価の多くは $1\sim 5\text{m/s}^2$ の振幅を示している。

不快に感じた箇所の内訳を図-8, 9 に示す。これについては座席の左右に関わらず同様の傾向を示したことから、全体に対する割合として示す。今回の予備調査では段差・マンホールといった局所的な凹凸箇所に「不快」の評価が集中していることがわかる。これまで乗り心地調査は区間評価を主体として組み立てられており、そのための指標には平たん性（道路進行方向凹凸：波長 0.5~50m）が用いられてきた。しかしこの結果から、道路ユーザーが路面管理に要求するファクターは、これまで対象とされてきた平たん性とは異なる可能性が読み取れる。今回の調査で使用した GPS ロガーはマーキング時に電子音が鳴動するタイプであるため、今回の調査にあたっては「隣の音を気にせず各人の評価基準で進めて下さい」とアナウンスしたものの、結果としては 2 名の被験者の被験者間の個人差は非常に大きいことが判明したため、サンプル数の検証とともに実験条件の再検討が必要である。

車載センサによる検知は、走行速度の変動や走行軌跡の際、乗車人員によって波形の歪みが大きいため、重要な説明変数間の補正方法を別途考案する必要があることが判明した。補修計画策定はモデルと実際の誤差の最小化を指向するフィードバックシステムとなるため、システムを恒常的に運用するためには巡回頻度の増加が必要である。誤差レベルを現状の 1/3 程度に抑制するためには、1 路線につき年間 10 回以上の測定が必要であることがわかった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ① 白川龍生：道路路面管理への地点乗り心地評価の適用性について、ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集、Vol.10、pp.1031-1036、2009、査読：無
- 〔学会発表〕（計 1 件）
- ① 白川龍生、横川勇樹、岡部浩紀：高速道路段差管理への地点乗り心地評価の適用性について、土木学会北海道支部論文報告集、Vol.65(CD-ROM)、No.D-35、2009.

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）
なし

○取得状況（計 0 件）
なし

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白川 龍生 (SHIRAKAWA TATSUO)
北見工業大学・工学部・助教
研究者番号：50344552

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし