

舗装路面の2次元プロファイルを用いた 車両走行シミュレーション

郭慶煥¹・小野沢英也²・姫野賢治³

¹正会員 中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail : kaku@maedaroad.co.jp

²学生会員 中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

³フェロー会員 工博 中央大学理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

本研究の目的は、路面性状測定車で測定した路面の2次元プロファイルを用いて、車両走行シミュレーションを行うことの有用性について検証することである。はじめに、実道において路面性状が異なる複数箇所の2次元プロファイルを測定し、そこで得られたプロファイルを用いて車両挙動シミュレーションを行った。その結果、走行車両の種類や速度の違いによって車両挙動および操舵が異なること、縦断プロファイルと2次元プロファイルとではシミュレーションから得られる車両挙動および操舵に違いが見られることを確認した。これらを踏まえて、2次元プロファイルを用いたドライビングシミュレータによる被験者のアンケート評価を行った結果、2次元プロファイルから走行快適性および操縦安定性を評価することの有用性を示した。

Key Words : two-dimensional profile, vehicle running simulation, driving comfort, steering stability, driving simulator

1. はじめに

舗装路面を道路管理者および道路利用者の双方にとって適切な管理基準に従い維持管理していくことは、今日の社会経済活動を円滑に営むためにも極めて有益なことである。

路面の破損状態を把握するための一般的な評価指標としては、ひび割れ率、わだち掘れ量、および平坦性、そしてこれら3つの指標を統合した総合的な維持管理指標であるMCI (Maintenance Control Index) が挙げられる。しかし、ひび割れ率、わだち掘れ量、および平坦性は、面的な要素を持つ舗装路面の一側面のみを表すものであること、またMCIは、わだち掘れの寄与が大きいこと、舗装の乗り心地に影響を及ぼす平坦性の寄与が小さいこと、そして道路管理者の視点から判断した評価指標であること¹⁾²⁾など、舗装路面の評価指標として適用する上でいくつかの問題点を抱えている。

道路利用者の乗り心地を評価する指標としては、路面の縦断プロファイルにクォーターカーシミュレーションを適用することで算出されるIRI (International Roughness Index)³⁾が、特に我が国の高速道路の維持管理指標として採用されている⁴⁾。また、横断プロファイルにハーフカーシミュレーションを適用した事例⁵⁾、縦断プロファイルに

フルカーシミュレーションを適用した事例⁶⁾などが報告されていることから、近年は道路利用者の視点に立脚した舗装路面の評価指標が重要視され始めている。

道路利用者の乗り心地評価は、路面の不陸によって、走行車両に発生する車両挙動が主要因となる「走行快適性評価」および走行車両に発生するハンドル操舵の乱れが主要因となる「操縦安定性評価」に大別することができる。上述したクォーターカーシミュレーションより求まるIRIは主に走行快適性を評価するための指標であり、またハーフカーシミュレーションおよびフルカーシミュレーションより求まる指標は走行快適性に操縦安定性を加味した指標であるといえる。また、操縦安定性だけに着目したケースとして、ハンドル操舵の乱れを評価する指標⁷⁾も報告されている。このことから、道路利用者の乗り心地評価には、走行快適性と操縦安定性の両者を加味することが重要であり、合わせてそれら进行评估するために舗装路面を面的に評価していく必要性も生じていると考える。

そこで、本研究では、路面性状測定車を用いて測定した路面の2次元プロファイルを用いて、車両走行シミュレーションを行うことの有用性について検証を行った。

はじめに、実道で路面性状が異なる複数箇所の2次元



写真-1 路面性状測定車

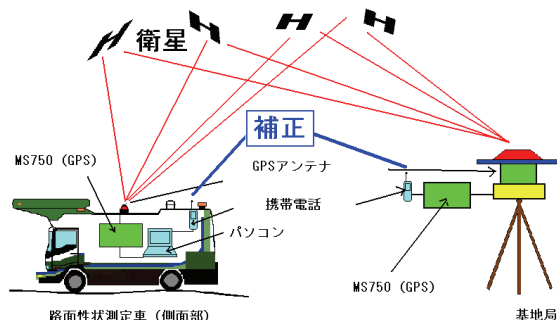


図-2 RTK方式によるGPS測量の概念図

プロファイルを測定し、そこで得られたプロファイルを用いて車両挙動シミュレーションを行った。次に、2次元プロファイルを用いたドライビングシミュレータ（以下、DSとする）による被験者のアンケート評価を行い、2次元プロファイルから得られる車両挙動および操舵を用いて、道路利用者の走行快適性および操縦安定性に関する評価を行った。

2. 2次元プロファイルの測定

(1) 測定方法

2次元プロファイルの測定には、ひび割れ率、わだち掘れ量、平坦性、および IRI が計測可能な路面性状測定車に、2次元プロファイル計測の為にレーザ変位計、ジャイロセンサ、および GPS (Global Positioning System) を追加搭載したものをを用いた。2次元プロファイルの測定に用いた路面性状測定車を写真-1 に示す。

2次元プロファイルの概念図を図-1 に示す。2次元プロファイルは、横断プロファイルと、GPS を用いて測定した縦断プロファイルを合成することで作成することができる。以下に横断プロファイルと縦断プロファイルの作成方法について解説する。

横断プロファイルの作成方法に関しては、まず左右の輪走行部 (IWP, OWP) に設置されているレーザ変位計で測定した高さデータから求まる車両の傾きに、ジャイ

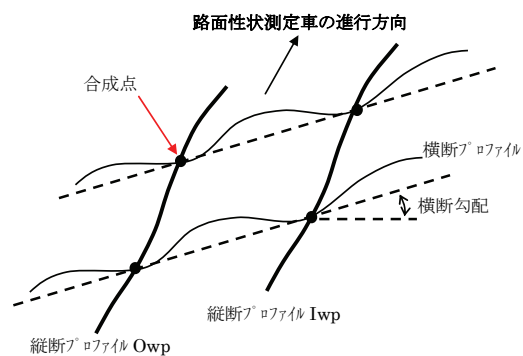


図-1 2次元プロファイルの概念図

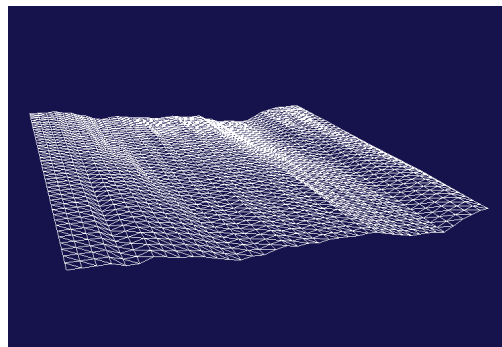


図-3 2次元プロファイルのワイヤーフレーム表示例

ロセンサで測定される車両の Roll 角（水平面と車両左右の傾き）を差し引くことで路面の横断勾配を算出する。次に、路面性状測定車搭載の CCD カメラで測定したわだち掘れ形状を前述の路面横断勾配で補正することで横断プロファイルを作成する。

縦断プロファイルの作成方法に関しては、まず左右のレーザ変位計から求まる高さデータを、ジャイロセンサで測定される車両の Pitch 角（水平面と車両前後の傾き）で補正し、進行方向に連続させることによって2測線分の縦断プロファイルを作成する。次に、RTK (Real Time Kinematic) 方式の GPS 測量で測定した高さデータで前述の縦断プロファイルの勾配補正を行う。ここで、RTK 方式による GPS 測量とは、図-2 に示すように2台の GPS を使用して一台は固定局として定点に設置し、もう一台を路面性状測定車に移動局として設置したうえで、固定局で得られる高精度の衛星のデータをリアルタイムで移動局に送信して高さの補正を行うものである。

現在、舗装路面の2次元プロファイルの主な利用目的は「2次元修正設計の実施」や「路面滞水や乗り心地等の重点管理（改良）箇所の抽出」等が挙げられるが⁸⁾、2次元プロファイルを用いた走行快適性・操縦安定性の評価等に関する事例は現在のところ報告されていない。

(2) 2次元プロファイルの測定

2次元プロファイルの測定は神奈川県内の一般市道で行った。測定では、路面性状が比較的良好な箇所と悪化

している箇所が混在している区間を選定した。調査区間では 2 次元プロファイルの他に、ひび割れ率、わだち掘れ量、平坦性および IRI の測定も併せて実施した。

2 次元プロファイルの測定で使用するジャイロセンサは、それを搭載している路面性状測定車の走行速度が一定でないと出力が安定しない。また、調査区間内には、いくつか信号機が設置されていることから、2 次元プロファイルの測定時には、信号機の設置箇所付近のみ加減速を行い、その他の区間では一定速度で走行し、後のデータ処理の際に一定速度で走行した区間のデータを抽出した。図-3 に 2 次元プロファイルをワイヤーフレーム表示させた一例を示す。

3. 車両挙動シミュレーション

(1) シミュレーション方法

路面性状測定車で測定した 2 次元プロファイルを入力データとして、車両挙動シミュレーションソフト (TruckSim⁹⁾) を用いて車両挙動およびハンドルの操舵を出力した。シミュレーションの際には、車両パラメータおよび走行速度を変化させた。シミュレーションの際に用いた車両のパラメータを表-1 に示す。車両パラメータは国内で使用されている標準的なトラック車両 (大型、中型および小型の 3 パターン) を用いた。

シミュレーションから出力したデータは、上下加速度、左右加速度、およびハンドルの操舵角とし、これらのサンプリング間隔は 0.05s とした。

(2) サンプリング間隔の検討

2 次元プロファイルのサンプリング間隔は、本研究で利用した路面性状測定車の性能上、最小で 0.25m×0.10m となる。

ここで、PIARC (世界道路協会) の路面性状に関する技術委員会 C1 によって定義された路面特性の対象領域¹⁰⁾によると、縦断プロファイルおよび横断プロファイルは、約 0.50m~50m の波長帯に属し、これらは主に乗り心地に影響しているとされている。このことを考慮すると、本研究で用いる最小サンプリング間隔 0.25m×0.10m の 2 次元プロファイルは、乗り心地を概ね評価しようと考えられる。しかしながら、0.25m×0.10m のサンプリング間隔で長距離の 2 次元プロファイルを測定した場合、そのデータ量が膨大になる可能性もある。これらを踏まえ、サンプリング間隔の違いが車両挙動および操舵に及ぼす影響について確認することを目的に、サンプリング間隔を変化させて、車両挙動および操舵のシミュレーションを行った。サンプリング間隔は 0.25m×0.10m, 0.50m×0.20m, および 1.00m×0.40m の 3 パターンとし、車両パラメータは表-2 に示す中型車、そして走行速度は 40km/h とした。シミュレーション結果の中で、上下加速

表-1 シミュレーションに用いた車両のパラメータ

	車両重量	ホイールベース	トレッド (前輪)	トレッド (後輪)	タイヤ半径
大型 (3 軸)	8440	7125	2065	1850	792
中型 (2 軸)	3470	4860	1795	1660	625
小型 (2 軸)	2170	2490	1395	1240	527

単位: 車両重量 (kg)
その他 (mm)

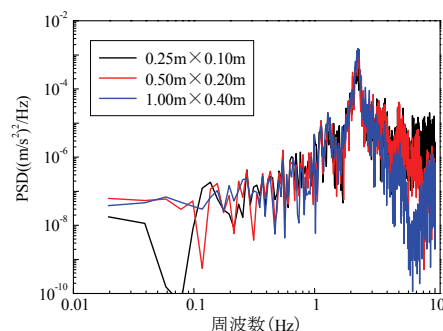


図-4 サンプリング間隔の違いによる上下加速度の比較例

度における PSD (Power Spectral Density) の比較結果を一例として図-4 に示す。

図-4 の結果から、おおよそ 2Hz より小さい周波数帯域では、PSD が 3 つのサンプリング間隔ともにほぼ同様の傾向を示しているものの、おおよそ 2Hz より大きい周波数帯域では、サンプリング間隔の違いによって PSD の傾向に違いが見られることがわかる。また、左右加速度および操舵角についても、サンプリング間隔の違いによる PSD の比較を行ったところ、上下加速度の場合とほぼ同様の傾向が見られた。

これらの結果を踏まえて、これ以降の比較検討には本研究で利用した路面性状測定車から取得可能な最小のサンプリング間隔である 0.25m×0.10m の 2 次元プロファイルデータを用いるものとした。ただし、将来的に 0.25m×0.10m より細かいサンプリング間隔で 2 次元プロファイルデータが取得可能であれば、サンプリング間隔の違いが車両挙動および操舵に及ぼす影響について再度検討する必要があると思われる。

(3) 車種の違いが車両挙動および操舵に及ぼす影響

車種の違いが車両挙動および操舵に及ぼす影響について確認することを目的に、車両パラメータを変化させて、車両挙動および操舵のシミュレーションを行った。なお、車両パラメータは表-2 に示す大型車、中型車、および小型車の 3 パターンとし、走行速度は 40km/h とした。図-5 に、上下加速度、左右加速度、および操舵角度における PSD の比較結果をそれぞれ示す。

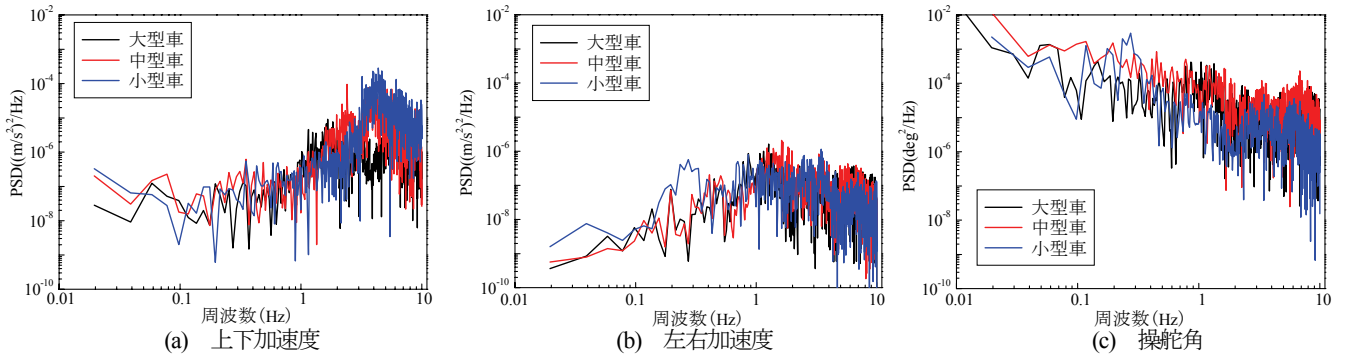


図-5 車種の違いによる車両挙動および操舵の比較例

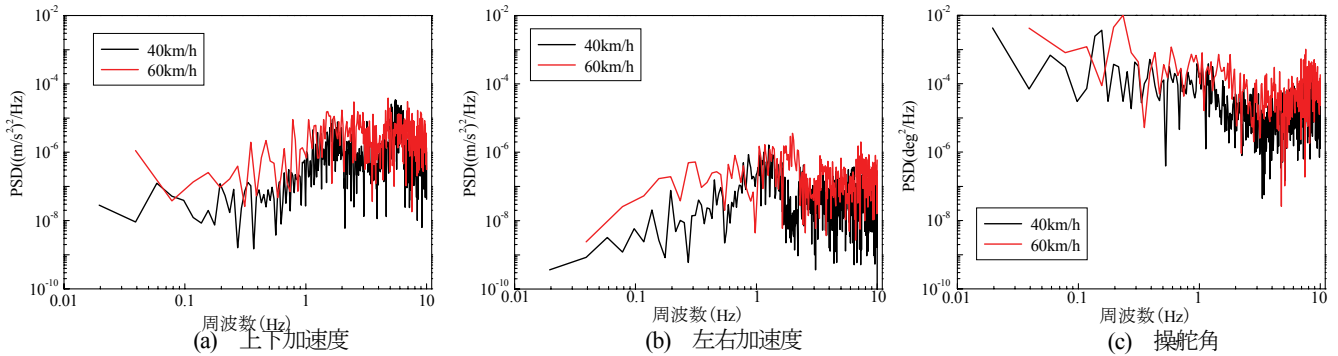


図-6 車速の違いによる車両挙動および操舵の比較例

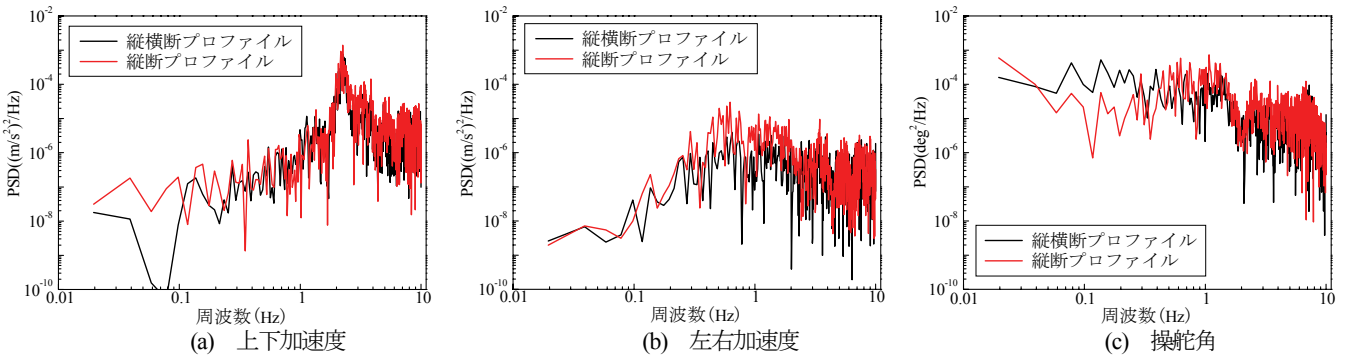


図-7 プロファイルの違いによる車両挙動および操舵の比較例

図-5の結果から、上下加速度、左右加速度および操舵角のいずれも、各車種におけるPSDの全体的な増減傾向は類似しているものの、少々ばらつきも見られる。特に上下加速度の場合、およそ3Hz～5Hzの周波数帯域において、中型車および小型車とは異なる傾向が見られた。これらの結果から、車種が異なれば車両挙動および操舵に違いが見られることがわかる。この要因としては、各車種におけるホイールベースおよびトレッドの違いによって路面上の走行軌跡が異なること、および車体重量やタイヤの種類などの車両特性が異なることなどが考えられ、これによって車種間の車両挙動および操舵に違いが見られると考えられる。

(4) 車速の違いが車両挙動および操舵へ及ぼす影響

車速の違いが車両挙動および操舵に及ぼす影響について確認するために、車両を変化させて車両挙動およびハンドル操舵のシミュレーションを行った。なお、車速は40km/h、60km/hの2パターンとし、車両パラメータは表

-2に示す中型車とした。図-6に、上下加速度、左右加速度および操舵角におけるPSDの比較結果をそれぞれ示す。

図-6の結果から、上下加速度、左右加速度、および操舵角のいずれも、車速が異なることでPSDに違いが見られることがわかる。また、40km/hの場合に比べて60km/hの場合のほうが、全周波数帯域でPSDが若干大きい傾向にある。これらの結果から、車速が異なれば車両挙動および操舵に違いが見られ、また車速が大きくなるにつれて車両挙動および操舵の変動が大きくなることがわかる。この要因としては、仮に車両の走行軌跡が同じであっても、車速の違いによって路面凹凸に対する車両の応答が異なることが考えられる。

(5) 2次元プロファイルと縦断プロファイルの比較

2次元プロファイルを走行快適性および操舵安定性の評価に適用することの有効性について確認することを目的に、同一区間における2次元プロファイルと縦断プロファイルを用いてシミュレーションし、そこから得られ

る車両挙動および操舵について比較を行った。なお、車両パラメータは表-2 に示す中型車とし、走行速度は40km/h とした。2次元プロファイルとの比較に用いる縦断プロファイルは、中型車のトレッドを考慮して2次元プロファイルから左右輪の走行位置における走行軌跡上のプロファイルを用いた。図-7 に、上下加速度、左右加速度、および操舵角度における PSD の比較結果をそれぞれ示す。

図-7 の結果から、上下加速度、左右加速度および操舵角のいずれも、PSD の増減傾向は両プロファイルともに全体的には類似している。しかし図-7 の結果の場合、特に左右加速度において、部分的に両プロファイルの間で差が見られる。このことから、車両の左右輪の走行位置における縦断プロファイルから求められる車両挙動および操舵は、2次元プロファイルのそれとおおよその増減傾向は類似しているものの、車両挙動および操舵に関する情報が多少欠落している可能性がある。この要因としては、2次元プロファイル上を走行する車両が路面の横断形状と横断勾配の両方の影響を受けているのに対して、左右輪の走行位置の縦断プロファイル上を走行する車両は、横断形状が影響せず、路面の横断勾配の影響のみを受けていることが考えられる。

4. ドライビングシミュレータによる検証

(1) ドライビングシミュレータ

走行快適性および操縦安定性評価のための被験者実験には、図-8 に示す本学所有のトラック型 DS を用いた。

本研究で用いた DS は、車両運動モデルに TruckSim を使用することで、高精度シミュレーションを行うと同時に、モーションシステムにより走行振動等の感覚を模擬することが可能である。また、コンピュータグラフィックスによりリアルタイムに窓外視界の映像を生成し、スクリーンに投影することが可能となっている。

走行中のシミュレーションデータは記録可能で、オフラインにてデータ検証および解析を行うことが可能である。また、路面の縦断プロファイルデータを読み込んでシミュレーションに入力する機能を有している。

なお、本研究で用いた DS の上下加速度に関しては、既往の研究¹¹⁾において、実道で測定したデータ、TruckSim で出力したデータ、および DS で再現したデータが、ISO2631 に規定されている人体に影響を及ぼす周波数帯4~8Hz に関してほぼ同様な傾向を示していることを確認している。図-9 に現場実測データと TruckSim 出力データの比較結果を示す。

(2) 実験概要

DS に入力する路面性状データの一覧を表-2 に示す。本研究で使用する DS には、路面の2次元プロファイルを

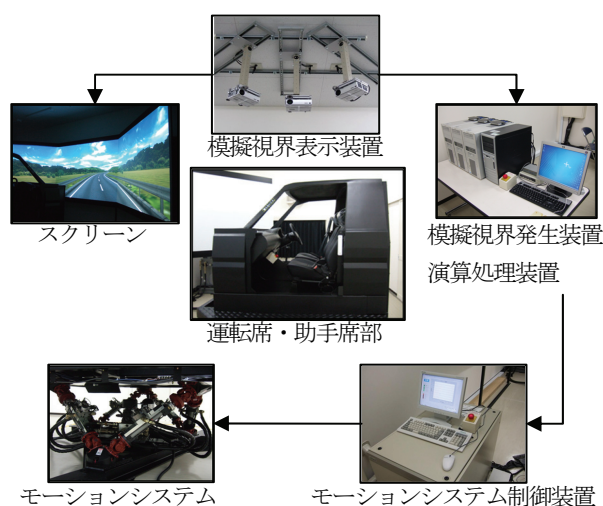


図-8 ドライビングシミュレータ概要

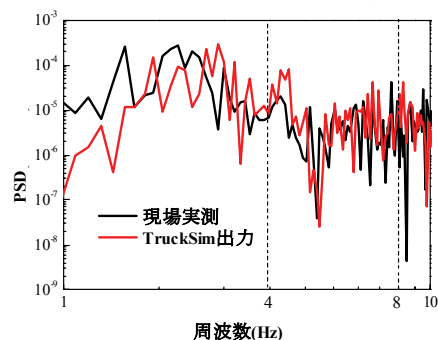


図-9 現場実測と TruckSim 出力の比較（上下加速度）¹¹⁾

表-2 実験に用いた路面性状データ

区間 No.	ひび割れ率 (%)	わだち掘れ量 (mm)		IRI (mm/m)
		最大値	平均値	
①	13.1	12.2	6.6	1.39
②	1.4	24.0	11.6	1.64
③	0.2	21.6	12.5	2.19
④	5.5	10.1	4.9	2.26
⑤	3.2	19.7	12.7	3.02
⑥	0.4	15.2	10.5	4.14

直接入力することができないため、3. (5) で示した縦断プロファイルの作成方法と同様に、実道で測定した2次元プロファイルから、DS 実験に使用する車両パラメータの左右輪の走行位置における走行軌跡上の縦断プロファイルを抽出し、それを DS に入力した。

DS 実験の際の車両は表-1 に示した、大型車、中型車および小型車の3パターンとし、走行速度は30km/h および60km/h の2パターンとした。被験者は中央大学の20代の男子学生6名とした。本研究では、性別の他に年齢、運転歴および運転頻度などの属性がほぼ同等な被験者を選定している。この理由としては、被験者数が少ない場合でも属性をある程度限定すれば被験者が回答するアンケートのバラツキを抑えられる可能性があること、また学生被験者と一般被験者のとの路面許容度の違いについ

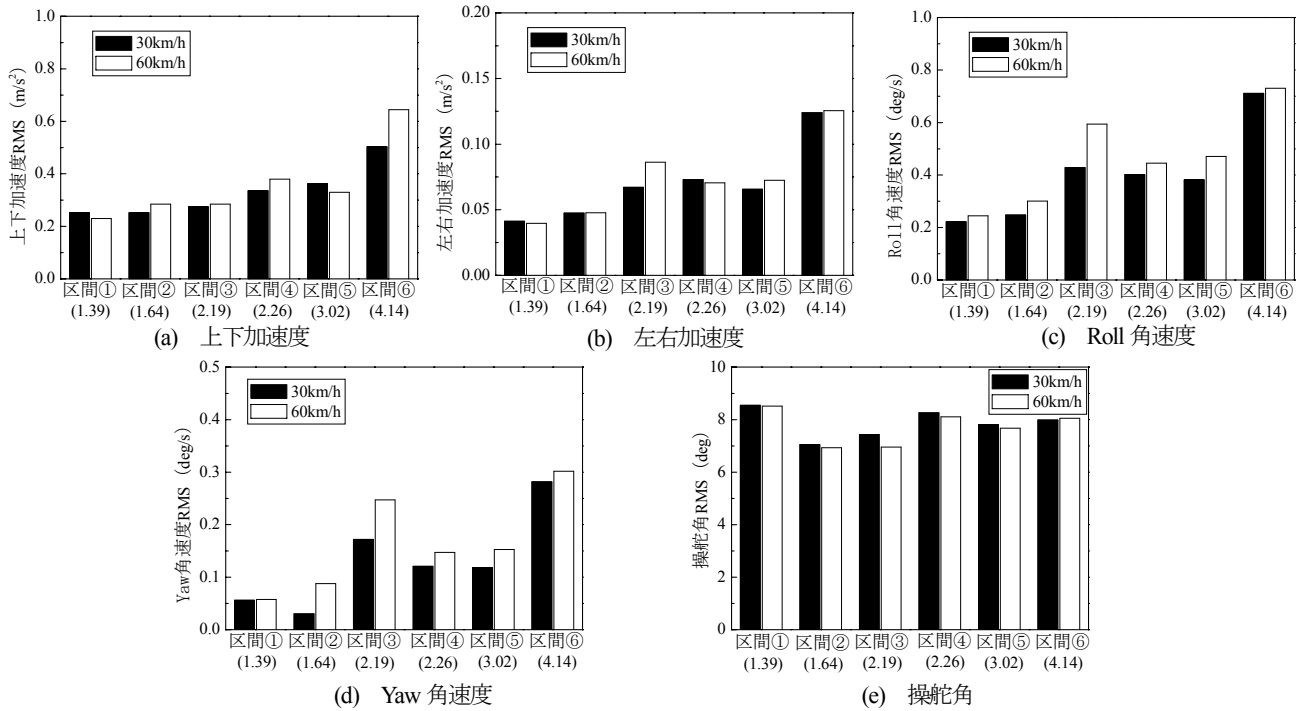


図-10 IRI と車両挙動および操舵の比較 (大型車の場合)

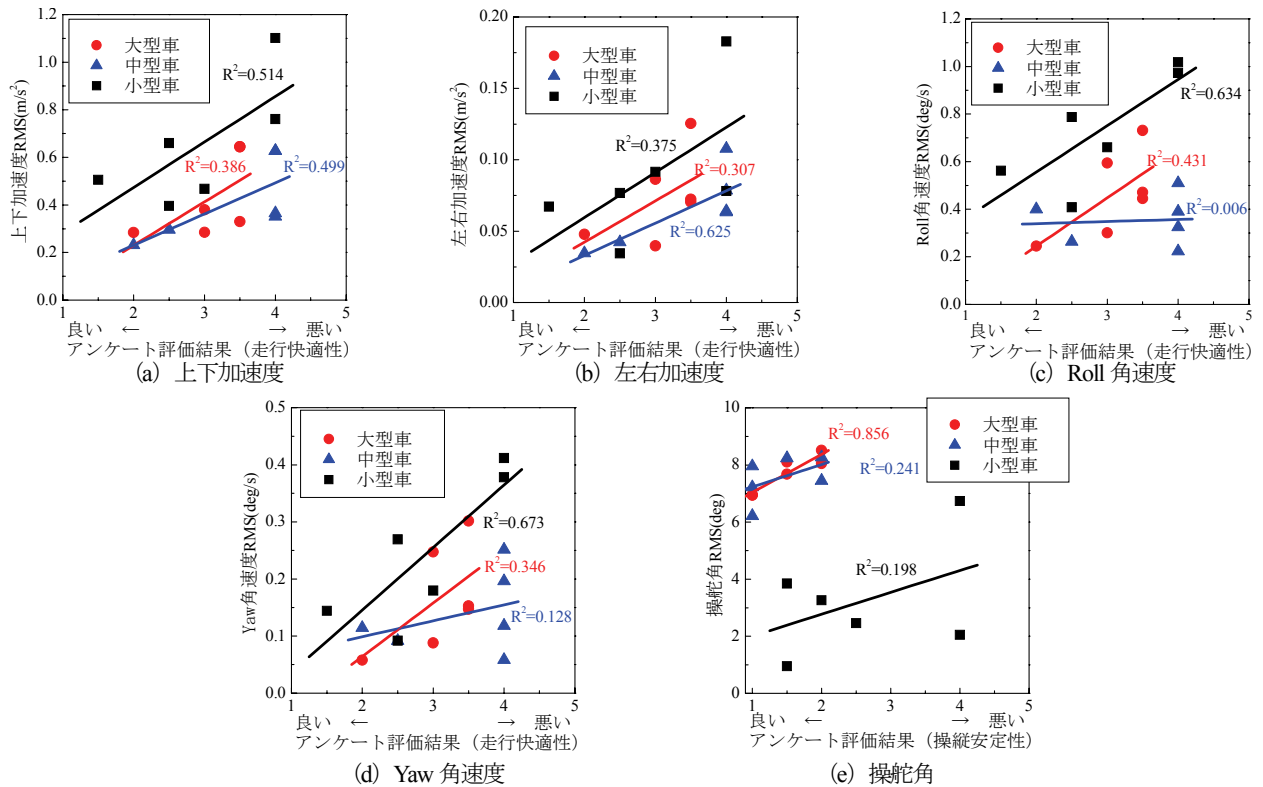


図-11 車両挙動および操舵とアンケート評価結果の比 (60km/h の場合)

て、評価の傾向に大きな差がないことが報告されていること¹²⁾などが挙げられる。

ただし、本研究から得られた結果を一般化するには、より幅広い属性の被験者に対して実験を行う必要があると考える。

実験時には1人はDSの運転席、もう1人は助手席に座ってもらい、DS実験中は運転席に座った被験者に一定速

度で運転してもらった。運転終了後、運転した被験者には、ハンドル操舵のしやすさに関するアンケート、すなわち操縦安定性に関するアンケートを実施した。また、同じく運転終了後に、助手席に座っていた被験者には、車両挙動の感受性に関するアンケート、すなわち走行快適性に関するアンケートを実施した。アンケートは5段階評価(良い、少し良い、どちらともいえない、少し悪

い、悪い)とした。同一被験者ですべての路面性状パターンでの走行実験が終了した後に、運転席に座っていた被験者を助手席へ、助手席に座っていた被験者を運転席へそれぞれ移動させて、再度同じ路面性状パターンで走行実験を行った。なお、被験者には事前に路面性状および車種の情報を与えずに実験を行った。

DSによる被験者実験終了後、実験で用いた2次元プロファイルをTruckSimに入力し、DS実験と同様の車種および車速でシミュレーションを行うことによって、上下加速度、左右加速度、Roll加速度、Yaw加速度、および操舵角を出力し、各々の値に対してRMS(Root Mean Square)値を算出した。

DS実験から得られた走行快適性および操縦安定性に関するアンケート結果と、2次元プロファイルをシミュレーションすることで得られる車両挙動および操舵を比較することで、2次元プロファイルから走行快適性および操縦安定性を評価する方法について検討した。また、その検討に先立って、従来の路面評価指標から走行快適性および操縦安定性をどの程度説明できるかについても検討した。従来の路面評価指標としてはIRIを用いた。

(3) IRIと車両挙動および操舵の比較

まずIRIと車両挙動および操舵の比較を行った。大型車の場合におけるIRIと車両挙動および操舵の比較結果を図-10に示す。なお、図中には区間ごとに車速が30km/hおよび60km/hの場合を示してある。

図-10(a)～図-10(d)の結果から、操舵角を除く全ての車両挙動のRMSは、IRIの増加に伴って値が増加する傾向が見られた。ただし、区間③(IRI=2.19mm/m)における左右加速度RMS、Roll角速度RMS、およびYaw角速度RMSは、区間⑥(IRI=4.14mm/m)を除いた他の区間のそれと比べて、値が大きくなっていた。ここで、区間③のわだち掘れ量を見ると、最大値が21.6mmおよび平均値が12.5mmと、計6区間の中で比較的わだち掘れが大きい箇所であることがわかった。したがって、区間③(IRI=2.19mm/m)における左右加速度RMS、Roll角速度RMS、およびYaw角速度RMSが他の区間より大きいのは、わだち掘れ量が多いことも起因していると考えられる。また、Roll角速度RMSおよびYaw角速度RMSは、車速の増加に伴って値が増加しているものの、上下加速度RMSおよび左右加速度RMSの場合は、必ずしもそのような傾向にはならなかった。

次に、図-10(e)の結果から、IRIと操舵角RMSの間に明確な相関関係は見られなかった。また、車速と操舵角RMSの間にも明確な相関関係は見られなかった。

以上の結果から、IRIの大小関係だけでは、全ての車両挙動および操舵の変化の説明することはできないことがわかる。これは、大型車以外の他の車種においても同様の結果となった。

(4) 車両挙動および操舵とアンケート評価結果の比較

車両挙動および操舵と走行快適性および操縦安定性に関するアンケート評価の比較結果の中で、車速が60km/hの場合を図-11に示す。図中の横軸に示すアンケート評価結果は被験者全員の平均値を示す。

図-11(a)～図-11(e)の結果から、小型車の上下加速度、Roll角速度およびYaw角速度、中型車の左右加速度、大型車の操舵角のRMS値は、走行快適性あるいは操縦安定性のアンケート結果との決定変数が0.5以上と比較的高くなっている一方、アンケート結果との決定変数が非常に低い車両挙動あるいは操舵角も見受けられた。しかし、全体的に見ると車種の相違によって、車両挙動と走行快適性および操舵角と操縦安定性の増減傾向に違いが見られることがわかる。

以上の結果から、舗装路面の2次元プロファイルを用いて上下加速度、左右加速度、Roll角速度、Yaw角速度および操舵角を算出することで、走行快適性および操縦安定性を評価できる可能性が見いだせた。ただし、今回行ったDS実験は被験者数が少ないため、本研究より得られた結果が走行快適性および操縦安定性に関する全ての傾向を明確に示しているとは断言できないが、今後、2次元プロファイルを活用した走行快適性および操縦安定性の評価方法に関する有効性および方向性は示せたものと考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 2次元プロファイルデータのサンプリング間隔は、本研究で用いた路面性状測定車の性能上、0.25m×0.10mとしたが、将来的にこれより細かい間隔でデータが取得可能であれば、サンプリング間隔の違いによる車両挙動および操舵の違いについて再検討する必要がある。
- 車種が異なれば車両挙動および操舵に違いが見られ、これは各車両によって走行軌跡が異なること、および車体重量などの車両特性も異なることが考えられる。
- 車速が異なれば車両挙動および操舵に違いが見られ、これは仮に走行軌跡が同じであっても路面の凹凸に対する車両の応答が異なることが考えられる。
- 同一区間における2次元プロファイルと縦断プロファイルを比較すると、車両挙動および操舵に若干の違いが見られる。この要因としては、2次元プロファイル上を走行する車両が路面の横断形状と横断勾配の両方の影響を受けているのに対して、左右輪の走行位置の縦断プロファイル上を走行する車両は、横断形状が影響せず、路面の横断勾配の影響のみを受

けていることが考えられる。

- ・ 2次元プロファイルから求めた車両挙動および操舵と、DS実験から得られた走行快適性および操縦安定性のアンケート評価を比較した結果、車両挙動から走行快適性を、そして操舵角から操縦安定性をそれぞれ評価できる可能性が見いだせた。

本研究で用いたDSは車両の左右輪の走行位置における縦断プロファイルデータのみが入力可能であり、今回は2次元プロファイルデータにおける各車両の走行位置の縦断プロファイルのみを抽出して入力した。したがって、今回得られた走行快適性および操縦安定性に関するアンケート評価結果は2次元プロファイルに関する情報を全て包括しているとは明言できない。また、アンケートも主観評価であるため、そこから得られた走行快適性および操縦安定性に関する評価結果の精度を向上させる必要がある。これらを踏まえて、今後は2次元プロファイルから得られる車両挙動を直接DSへ入力できるようにして、かつアンケートに代わる客観的な評価方法を用いて、更なる走行快適性および操縦安定性に関する評価を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 建設省道路局国道一課，建設省土木研究所：舗装の維持修繕の計画に関する調査研究，第33回建設省技術研究会報告，pp.215-238，1979.
- 2) 建設省道路局国道一課，建設省土木研究所：舗装の維持修繕の計画に関する調査研究，第34回建設省技術研究会報告，pp.323-362，1980.
- 3) Sayers,M.W., Gillespie,Y.D. and Paterson,W.D.O. : Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, World Bank Technical Paper, No.46, The World Bank, 1986.
- 4) 川村 彰，七五三野茂，鈴木一隆，木村篤史：道路利用者の視点から見た高速道路の平坦性について，土木学会舗装工学論文集，第4巻，pp.1-8，1999.
- 5) 富山和也，川村彰，中島繁則，石田樹，Alimujiang Yming：車両の動的応答に基づく舗装わだち掘れ評価指標の開発，土木学会舗装工学論文集，第12巻，pp.189-196，2007.
- 6) Renato A. C. Capuruço, Tarek Hegazy, Susan L. Tighe and Sameh Zaghloul : Full-Car Roughness Index as Summary Roughness Statistic, Transportation Research Record, Volume 1905 / 2005, pp. 148-156, 2006
- 7) 國枝晋二，阿部頼政：路面の凹凸が運転者の操舵へ与える影響に関する基礎的研究，土木学会舗装工学論文集，第8巻，pp.13-24，2003.
- 8) 岩崎金利，大橋健二，來島輝武，小泉達哉：路面2次元計測技術の道路保安全管理への利活用，EXTEC, No.82, pp.44-48, 2007.
- 9) (有) パーチャルメカニクス：車両運動シミュレーションパッケージソフトウェア TruckSim 6.01，<http://www.virtualmechanics.co.jp/>
- 10) 川村彰：講座 路面の評価 (1) 一平坦性に着目して一，舗装，Vol.36, No.8, pp.31-35，2001.
- 11) 向中野聡，増山幸衛，姫野賢治：大型車を想定したドライビングシミュレータの上下方向加速度の再現性の検討，土木学会第62回年次学術講演会，pp.571-572，2007.
- 12) 富山和也，川村彰，石田樹，高橋清：路面の体感評価試験における被験者数について，土木学会舗装工学論文集，第13巻，pp.9-14，2008.

VEHICLE RUNNING SIMULATION USING TWO-DIMENSIONAL PROFILE OF PAVEMENT SURFACE

Kyeong Hwan KWAK, Hideya ONOZAWA and Kenji HIMENO

This paper presents a method to verify about the usefulness of vehicle running simulation using a two-dimensional profile measured by a road surface measuring vehicle. We measured the two-dimensional profile of an actual road, and then performed vehicle behavior simulation using this profile. Based on the results of the simulation using the two-dimensional profile recorded at an optimal sampling interval, a comparison is made between the behaviors of the vehicle speed and vehicle type, and we also compare the behavior of the vehicle using a longitudinal profile and a two-dimensional profile. From the results of a subjective assessment survey by a driving simulator using a two-dimensional profile, we conclude that a clear assessment of the steering stability and driving comfort of the driver can be achieved using a two-dimensional profile.