

IV—2 わだち路における車両の振動特性と操安性に関する一考察

北大工学部 正員 ○ 中 辻 隆
 “ “ 小野寺 雄 輝
 “ “ 加 来 照 俊

1. ま え が き

大型重量車両による舗装面の流動変形、冬期間のスパイクタイヤの使用によるアスファルト舗装の摩耗、あるいは冬期の圧雪によって形成されるわだち掘れは、滞水による水はね、ハイドロプレーニング、およびわだち部におけるすべり摩擦の低下などの観点から道路の維持管理上の阻害要因とされてきた。車両の運動に対する影響については、これまで主に乗り心地の面からの評価はされてきたが、交通事故と直接関係する操縦性、および安定性についてはほとんど解析されてきておらず、車線逸脱時における車両各部位の振動特性、あるいは路面とタイヤの接触面における復元力特性など未解明な点が多い。

わだち路走行時の車両各部位の振動特性に関しては、実際のわだち路における走行試験の結果をもとに、走行速度、乗り移り距離、運転者、あるいは車種による影響などについて既にいくつかの報告をしているが、ここでは、主に直線走行試験の結果もとに車両のバネ上およびバネ下の固有振動数と操縦性・安定性の関係について若干の考察を行う。

2. 直線走行試験

表1 わだち路における直線走行試験

試験年月	場所	試験条件
82.10	いすずHPG (三菱ジープ)	速 度 30, 50 km/h ホイールパス Lev 1-7, 平坦路、砂利路
84.11	いすずHPG (三菱ジープ)	速 度 30, 50 km/h ホイールパス Lev 1-3, 平坦路
85.1	北大構内 (三菱ジープ)	速 度 40 km/h ホイールパス Lev 1
85.11	いすずHPG (三菱ジープ) (普通乗用車)	速 度 30, 50, 60 km/h ホイールパス Lev 1-3 平坦路

* いすずHPG : いすずHokkaido Probing Ground.

実車を用いた走行試験を夏期路面状態で3度、冬期路面状態において1度実施した。試験概要を表1に示す。夏期の試験は、いすず自動車テストコース(HOKKAIDO PROBING GROUND)において、また冬期の圧雪わだち路における試験は、北大構内の工学部前通りにおいて実施した。走行試験にあたっては、車両のバネ下とバネ上の各部位に加速度計、そしてハンドルには操舵力計、操舵角計を設置した。測定変量とその略号を表2に示す。ここで、YとZはそれぞれ車両の進行方向の左右及び上下方向を表している。

試験の方法としては、走行速度を変化させるとともに、図1に示すように、車輪の走行位置による影響をみるために3通りのホイールパス(Lev 1-3)を設定した。なお、この時の運転者は全て同一人である。走行試験を行ったわだち路面は、夏期においては約3.1m幅で試験車のトレッド幅より広く、また全振幅で15-20mmの深さを有している。冬期においては幅1.3m、深さ50-60mmの横断形状である。路面は、夏期においては乾燥、冬期においては圧雪状態である。

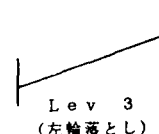
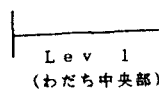
図1 直線走行試験
ホイールパスの設定

表2 測定変量とその略号

測 定 変 量	略 号
重心Y方向加速度	GY
重心Z方向加速度	GZ
前輪左バネ下Z方向加速度	FLZ
右	FRZ
前輪左バネ下Y方向加速度	FLY
右	FRY
後輪左バネ下Z方向加速度	RLZ
右	RRZ
後輪左バネ下Y方向加速度	RLY
右	RRY
操 舵 力	SPW
操 舵 角	SAG

3. 評価手法

1) **RMS 値** 走行時の車両の振動の大きさを評価する量としてRMS 値 (ROOT MEAN SQUARED VALUE) を定義する。x(t) を与えられたデータとする時、

$$RMS = 1/T \int_0^T x(t) dt$$

と与えられる。ここで、T は走行時間である。即ち RMS 値は振動エネルギーの平方根値を意味する。

わだち路における車両の挙動特性を理解するには、RMS 値の絶対値よりも、平坦路との比較において議論の方が好ましいと判断されるので、以下の解析結果に示すRMS 値はすべて平坦路における対応するRMS 値との比である。なお、RMS 値の算定に当たっては、各試験によるばらつきを考慮して、同じ試験を2-3回実施しその自乗平均値を求めた。

2) **周波数分解** 一般的に車両のバネ上とバネ下とは異なる固有振動数を有している。図2は、わだち路直線走行 ('84.11, V=30km/h, Lev3) におけるバネ上 (重心部) とバネ下 (左前輪) の左右Y方向と上下Z方向のフーリエスペクトル (FFT) の一例を示している。バネ上 (GY, GZ) では3Hz付近に卓越性が認められ、一方バネ下 (FLY, FLZ) においてはおよそ15Hz付近に卓越があるが、それぞれバネ上とバネ下の固有振動数成分と判断される。

ここでは、車両各部位の固有振動による影響を検討するために、これらの固有振動数の近傍成分だけを抽出してRMS 値を求めた。

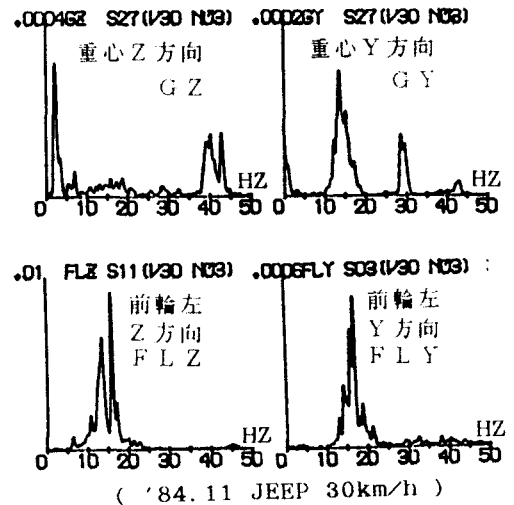


図2 車両各部位におけるフーリエスペクトル

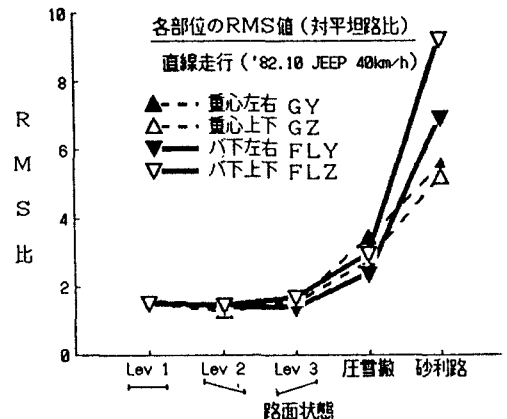


図3-1 路面状態とRMS 値比 (車両各部位)

4. 解析結果

夏期わだち路 (Lev 1-3), 砂利路、および冬期圧雪わだち路における試験 ('82.10, V=40km/h) の結果から車両各部位の振動RMS 値 (平坦路との比) を図3に示した。バネ上重心 (GY, GZ) とバネ下左前輪 (FLY, FLZ) における値を図3-1に操舵力 (SPW) と操舵角 (SAG) に対するものを図3-2に示した。各部位の振動エネルギー (平方根) の対平坦路比は、砂利路が圧倒的に大きく夏期わだち路では1.5 程度である。しかしながら、操舵力に関して、図3-2に示すように圧雪路において最大となっているとともに、夏期わだち路においても Lev 1 の走行状態で砂利路と同じ程度の値となっていることがわかる。ハンドルの操作のパワーの

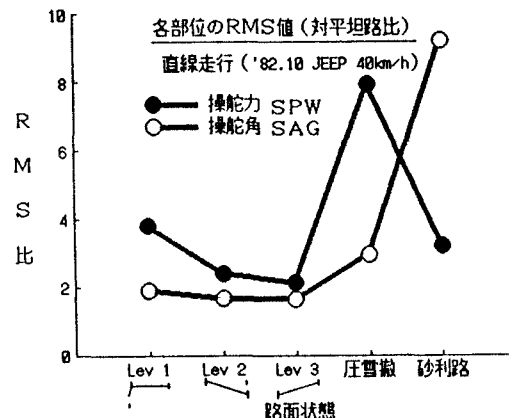


図3-2 路面状態とRMS 値比 (操舵量)

大きさのみでは車両運動の安定性を評価することはできないが、図3の結果は、わだち路におけるハンドル操作の難しさを示唆している。

わだち路を走行している車両の各部位の振動における方向特性を図4に示した。即ち、横軸に左右方向のRMS値比を、縦軸に上下方向のRMS値比をとり、平坦路に比べた振動エネルギーがいずれの方向に、より増大しているかを調べたものである。試験は、いくつかの速度（30、40、50km/h）に対して、砂利路を除く夏期路面において実施した。

図4-1はバネ上重心部に対するものであるが、速度30km/hではすべて45°の線より右側、即ち水平左右方向に、より増幅している結果となっている。他方50km/hでは、上下方向の増幅がやや顕著であり、40km/hでは、両者の中間的な傾向を示している。バネ下左前輪部に対する結果が図4-2であるが、速度に依らず45°線の回りに分布している。図4の結果は、先に示した図2に見るように、重心左右方向（GY）のスペクトルにおいてバネ下部の固有振動数に対応する15Hz成分が卓越していることから、路面形状の影響が直接入力されるバネ下部においては、左右および上下方向ともにほぼ等しく振動が増大するが、バネ下からバネ上に振動が伝達される過程において、重心左右方向がバネ下と共振する形で振動したことによると推察される。速度30km/hでこの傾向が最も顕著であるのは、用いた試験車の共振特性によると予想される。

図3と図4の結果を総合することによって、わだち路における操舵の不安定性が重心左右方向における振動の増幅にあると取えて仮定するならば、重心左右方向の振動が大きくなるにつれて操舵力のパワーも大きくなると期待される。図5は、重心左右方向変位と操舵力のRMS値比の関係を表しているが、ばらつきが大きく必ずしも両者に比例的な関係があるとは言えない。これは、わだち路走行時の安定性を評価する指標としては操舵力のみでは不十分であることを意味している。

車両各部位の振動成分からバネ上およびバネ下の固有振動数を含む0-10Hz成分と10-20Hz成分を抽出し、それぞれの成分から各部位のRMS値を求め対平坦路比の頻度分布として図6に表した。図6-1は重心部左右（上段）、上下（下段）各方

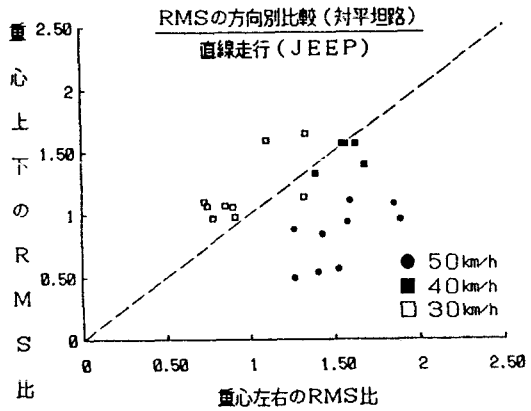


図4-1 バネ上部の増幅特性（対平坦路比）

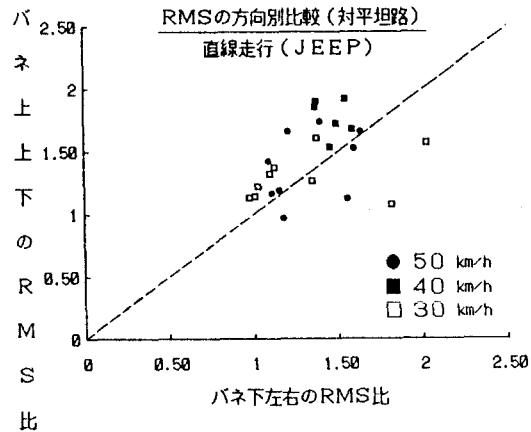


図4-2 バネ下部の増幅特性（対平坦路比）

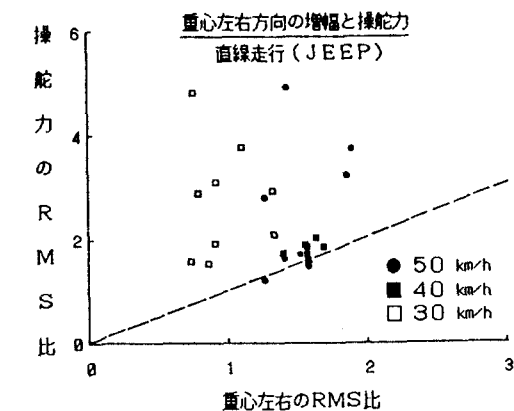


図5 重心左右方向と操舵力の増幅特性

向に対し、図6-2は同じくバネ下前輪部に対するものである。図6-1から、重心部が両方向ともに、10Hz未満の成分に対して大きなRMS値比をとるのは当然であるが、10Hz以上の成分に対しても、左右方向が上下（GZ）方向に比べやや大きな増幅特性を示している。これは、図2のGYのスペクトルにおける当該成分の増幅として現れている。一方、図6-2において、バネ下部が自身の固有振動数を含む10-20 Hz成分に対しては両方向ともに、それほど大きな増幅とはならず、図4-2に対応した結果となっている。しかし、左右方向においては、バネ上の固有振動である10 Hz未満の成分に対して相対的に大きなRMS値比の分布となっている。これは図2のスペクトル図や図4-2の結果からは見出すことが出来ず、周波数分解によってはじめて明かにすることが出来る。

わだち路を直線走行する時におけるホイールパスの影響を図7に示した。図6と同様に各ホイールパス（Lev 1-3）における操舵力と操舵角の対平坦路比RMS値を頻度分布表示したものである。Lev 2、すなわち右輪をわだち路に落とした走行が、わだちによって視線が誘導されるので最も小さな操舵量となっている。しかしながら、先にも述べたように、操舵のRMS値が評価指標として必ずしも適したものとはいえないので、この走行状態がわだち路における安定性を保証すると判断するのは早計である。

5. あとがき

わだち路を走行する車両の挙動特性に関して、バネ上およびバネ下ともに左右方向の振動が相互の固有振動成分によっても増幅される傾向にあることが走行試験結果から確認された。今後は、評価指標の確立、力学的モデルによる検証、タイヤの復元力特性などについて検討を進めて行きたい。

最後に、本研究の実施にあたり試験コースの利用等に格段の便宜をお計り下さいました（株）いすゞ自動車北海道試験場の岡田所長始め関係各位に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 近藤政市：基礎自動車工学（前後期），養賢堂
- 2) 安部正人：車両の運動と制御，共立出版社
- 3) A.KAWAMURA: PROC. JSCE NO.358,1985

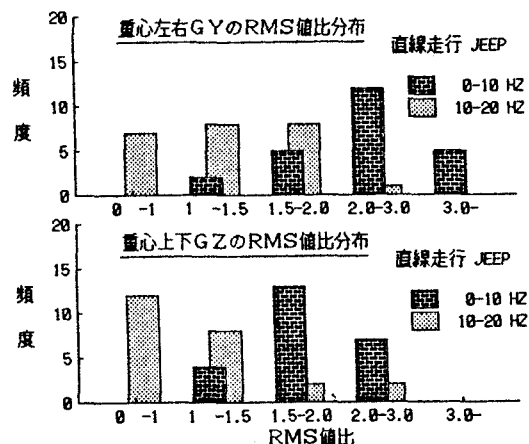


図6-1 各周波数成分に対するRMS値（バネ上）

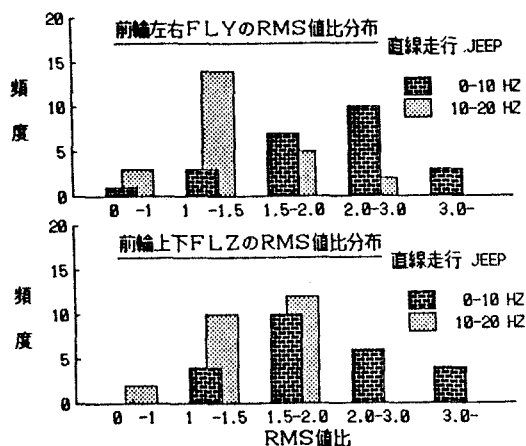


図6-2 各周波数成分に対するRMS値（バネ下）

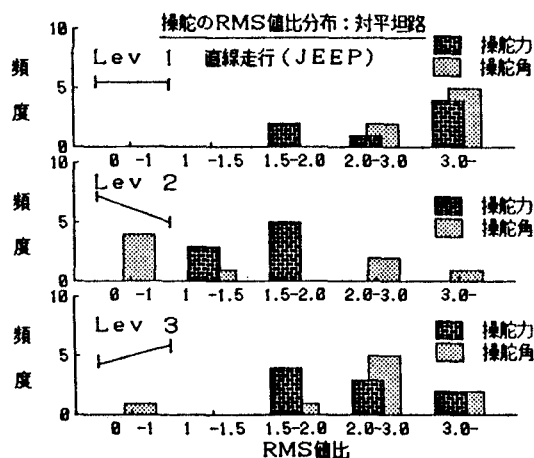


図7 RMS値に与えるホイールパスの影響