

IV-8

わだち路走行における車両運動の非定常特性について

北大工学部 学生員 瀬ノ田 明 敏
同 正 員 中 辻 隆
同 正 員 加 来 照 俊

1. はじめに

最近、とくに主要幹線道路における交通量（とくに大型重量車両）の増大や積雪前のスパイクタイヤの装着などによってわだち掘れが助長される傾向にある。一般に、”わだち路での運転は難しい”と言われているが交通事故における原因の中でもわだちが原因とみられるものは、実に7%（冬型事故）もあり注目されている。わだちは、普通、深さや幅が一様でなく、いつタイヤに横からの力を受けるか予想がつかず、時として車線逸脱による事故の原因となる。条件によっては時速20キロで走行していても、わだちに飛ばされる恐れがあるとも言われている。このように、わだち路の走行では、ハンドル操作と速度のアンバランスが危険を招くことは明らかであり、車両の安全な走行にとってわだちは大きな阻害要因となっている。

わだち走行時の車両の運動解析については、多くのさまざまな難しい問題（路面状態、タイヤの変形等）を含んでいると思われる。そこで、本研究においては実際にわだち路の試験走行を行いそれを通じ、車両各部位の振動特性から各変量間の特性を明らかにしようとするものである。また、走行試験で得られた結果について若干の考察を加えたい。

2. わだち路車線乗り移り走行試験

わだち路走行試験を、乾燥わだち路面（夏期）については、いすゞ自動車テストコース（HOKKAIDO PROVING GROUND）において、また圧雪状態のわだち路（冬期）については図1に示すように北大構内の工学部前通りで実施した。走行試験は、各部位（表1参照）にピックアップと操舵力計、操舵角計を設置した試験車を用いて、乗り移り距離（L）と速度（V）を各々かえて行った。また、試験によっては運転者の特性を見るために3名の運転者に同じ走行をしてもらった。

夏期試験地については、わだちの頂部と底部における高低差（わだち深さ）は15-20mmであり、冬期わだち路においては50-60mmであった。尚、試験車の走行速度は、夏期においては $V=30, 50, 60\text{km/h}$ 冬期においては $V=20, 30, 40\text{km/h}$ とし、乗り移り距離は $L=15, 30\text{m}$ とした。ここでY、Zはそれぞれ試験車の左右及び上下方向を示している。

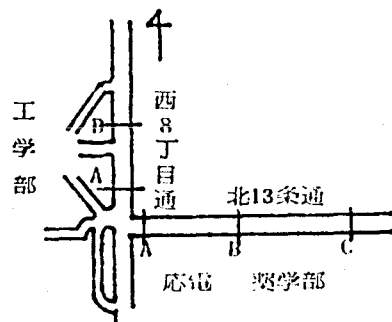


図-1 わだち路乗り移り試験

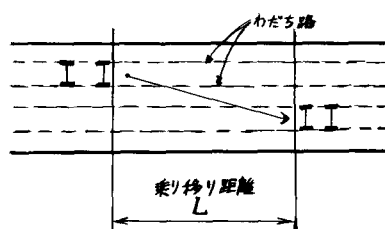


表-1 測定項目とその略号

測 定 変 量	略 号
重心Y方向加速度	G Y
重心Z方向加速度	G Z
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. わだち路走行におけるRMS値の比較

乗り移り試験時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値は

$$x(t) = \sqrt{1/T \int_0^T x^2(t) dt}$$

(T=観測時間の長さ)

によって求めることが出来る。走行速度、乗り移り距離、および運転者の違いによるRMS値の変化を図3-1から図3-3に示した。

乗り移り距離を一定(L=30m)とし、速度が30km/hに対する各走行速度のRMS値を比較したのが図3-1である。バネ上およびバネ下ともにZ方向よりもY方向において速度に対する増加率が高い。また、操舵力や操舵角の増加率がほぼ水平に近いこのことを考えると、速度の増加によるY方向の振動の増加は、運転者の応答を上回る傾向にあることを示している。

図3-2は、速度を30km/hとした時の乗り移り距離の影響を表している。距離が短くなると当然その定義からRMS値は大きくなるが、ここでもZ方向よりもY方向において顕著であり、厳しい条件での乗り移りにほどY方向の振れが大きくなり、操縦の不安定性をもたらす原因となっている。

バネ上、およびバネ下のY方向の動きと操舵との関係がわだち走行時の不安定性に結びつけられることが示唆されたが、これを運転者の特性と関連付けたのが図3-3である。すなわち、RMS値においてGYおよびFRYに対する操舵力比を、運転経験年数の異なる4人の運転者について求めたものである。

また、比較のために運転者Aが平坦路において乗り移り試験を行った時の結果も併せて示してある。運転経験が10年、および20年を越える運転者BとAが、平坦路における乗り移りとほとんど変わらぬハンドル応答をしているのに対し、10年未満の運転者CとDは不適切な操舵によって無駄な動きをしていることが推察される。

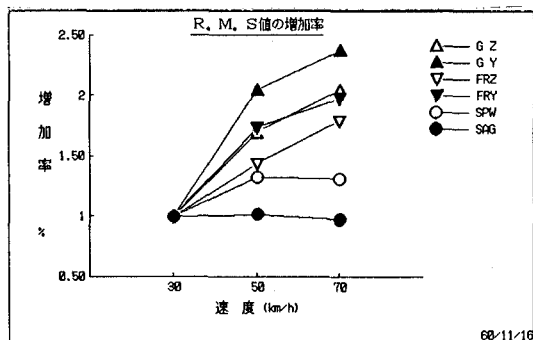


図3-1 乗り移り試験のRMS値と速度

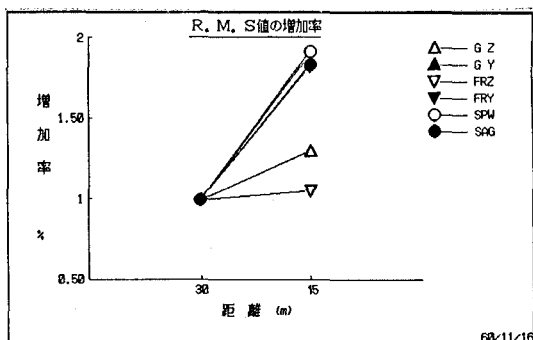


図3-2 乗り移り試験のRMS値と乗り移り距離

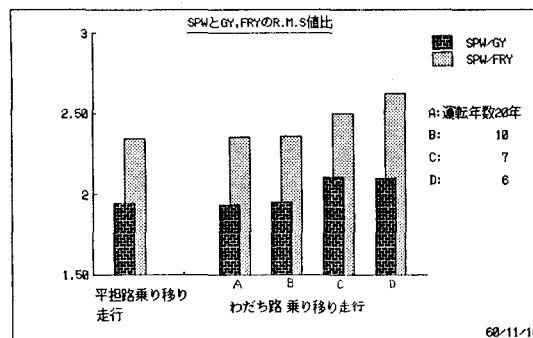


図3-3 乗り移り試験のRMS値と運転者

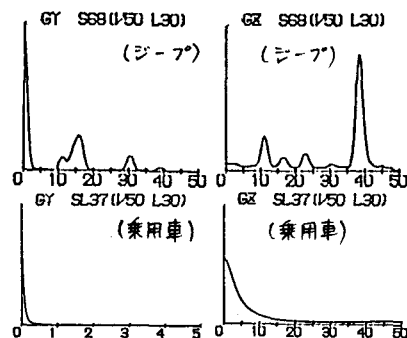


図4-1 車種によるパワースペクトルの相違

4. 周波数スペクトル

周波数成分スペクトルは、車両各部位の運動特性に関して有力な情報を提供する。その解析方法には利用目的に応じて多々あるが、ここでは短いデータに対しても優れた分解能を示すMEM（Burg法）を用いることにする。

図4-1は、乗り移り試験（速度50 km/h、距離30 m）における車種の違いを見たものである。上段が三菱JEEP、下段が普通乗用車に対する重心バネ上におけるY、およびZ方向のパワースペクトルを表している。JEEP、および普通乗用車のバネ下における卓越周波数は、約12-15 Hzにあるが、JEEPにおいてはバネ上にその影響が見られているが、乗用車においては下部からの伝達は見られない。このことは、JEEPのわだち部における操安性の低下の可能性を示しているが、これは日常のJEEPの運転を通して得られる経験に合致している。

乗り移り距離を一定として、速度の増加が周波数特性に与える影響を調べたのが、図4-2である。バネ下FRZにおいては、速度が50 km/hの時にその卓越周波数が左側、低周波域に移動しているのが見いだされる。FRYにおいても、より低周波数域にパワーの分布がある。これに対する説明は現下の知識では、困難であり今後モデルによる理論的な解析を通して明らかにされなければならない。一方、乗り移り距離の変化によってはこの変化はほとんど見られない。

5. 非定常スペクトル（発達スペクトル）

車線の乗り移りは、非定常な車の運動である。車の振動の非定常な周波数特性を理解するために非定常スペクトルを導入する。非定常スペクトルには、いくつかの手法が提案されているが、ここでは有効周波数範囲が広く、その物理的意味付けが明確である日野の発達スペクトル（Developing Spectrum）を用いて解析を行うものとする。与えられた時系列データを $x(t)$ とする時、発達スペクトル $\langle w, t \rangle$ は次式のように定義される。

$$\tilde{\Phi}(w, t) = \frac{w}{2\pi m} \langle 2\pi |\tilde{X}_w(t)|^2 \rangle$$

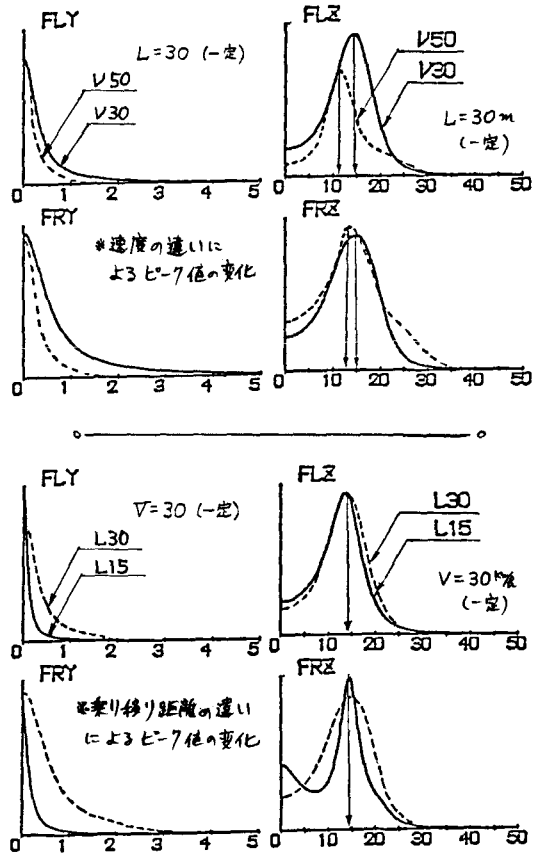


図4-2 速度の増加による固有周波数の移動

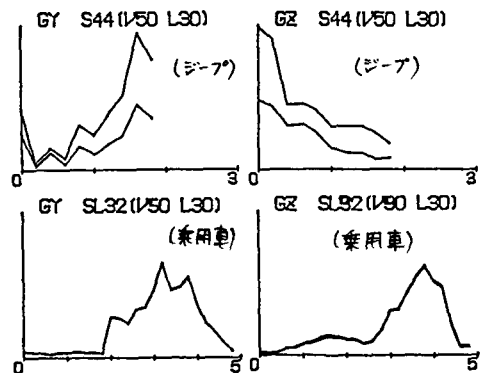


図5-1 非定常スペクトル（JEEP 上15HZ,下2HZ）

ここで、< >内は比較的小さいデータ数によるパワースペクトルの計算であるのでMEMによった。非定常スペクトルの表現法には、色々有るがここでは、横軸を時間にとり、ある特定の周波数成分に対してその成分のパワー発生の時間的変動を調べた。すなわち、その時間積分がその成分の全パワーである。図5-1, 2はその例である。そこでは、わだち路面からの伝達方向順にFRY, GY, そして操舵力に関して、バネ上およびバネ下の固有周波数成分の時間変動を表している。2本の曲線のうち、下側がバネ上に、上側がバネ下に対応しているが、バネ下のものはバネ上の結果に累積して表示している。

また、パワーの発生が操舵時にほぼ集中していることがわかる。図5-1の上段は、ジープに対する結果であるが、GYにおいては、バネ下の影響が強く反映されている。一方、図5-2は、乗用車に対する結果であるが、GYにはほとんどバネ下の影響は及んでいない。これは、先に述べたことに一致している。

図5-2に、運転者による操舵特性の違いを示した。運転者の構成は、図3-3と同様である。運転経験の長い運転者A, Bが路面による変動に適切に回答しているのに対し、C, Dにおいては操舵の応答に時間のずれがみられている。

7. おわりに

実車によるわだち路乗り移り試験を実施し、わだち路における操安性の低下は、バネ上の進行横(Y)方向の振動の増加とそれに対する操舵応答の大きさ、およびそのタイミングであることが確認された。これは、車種、運転者によって大きな違いが見られる。今後は、本試験結果を力学モデルの改良に利用していきたい。最後に、本研究にあたり試験コースの利用に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)A. KAWAMURA: "AN EVALUATION OF ROAD ROUGHNESS AND THE EFFECTS ON RIDING COMFORT AND VEHICLE DYNAMICS", PROC. JSCE NO.358/IV-2, 1985
- (2)日野: "スペクトル解析" 朝倉書店

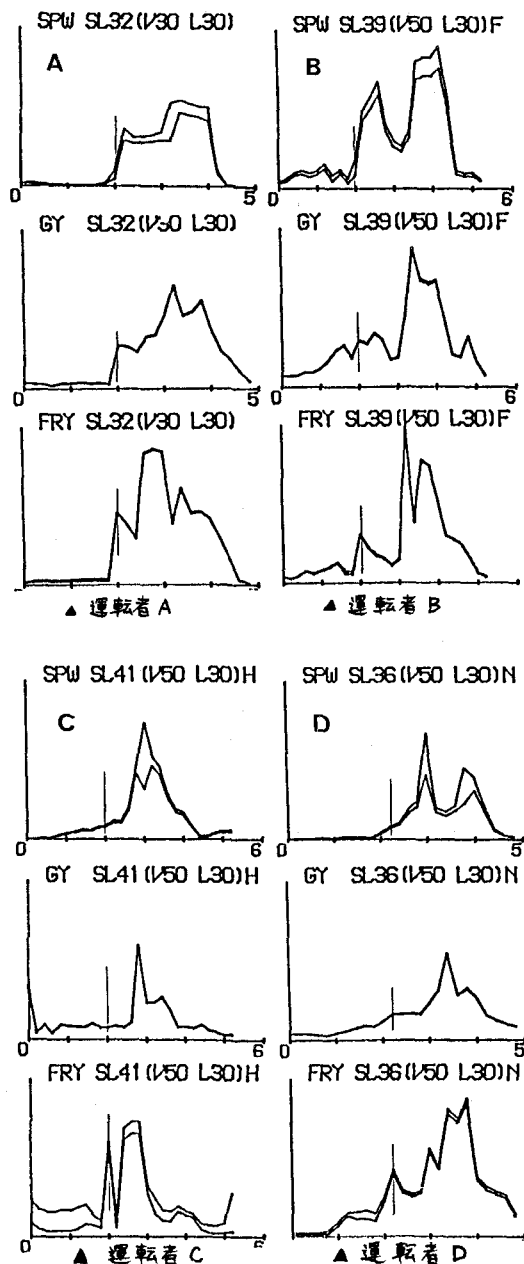


図5-2 運転者による非定常スペクトルの相違