

北大工学部 正員 中辻 隆
北大大学院 宮武 昌志
北大工学部 正員 加来 照俊

1 ま え か き

近年の交通量の増大、とりわけ大型重量車両の増大によって主要幹線道路の舗装表面上にわだち掘れが形成され、時として車線逸脱による事故の原因となるなど、車両の安全な走行にとって大きな阻害要因になっている。わだち走行時の車両の挙動解析においては、路面形状とタイヤのすべり特性、あるいは車両各部位の運動のモデル化などに関し多くの難しい問題を含んでいる。

本報告は、車両の運動を1つのシステムとして捉えダイナミックシステムの統計解析理論を用いて車両各部位の運動変量間の特性を明らかにすることの妥当性を検討するために、わだち路における実車走行試験を行ない、得られた結果に対して若干の考察を加えたものである。

2 多変数自己回帰モデル

$X(s)$ を対象とする運動変量の p 次元ベクトルとすると次数 M の自己回帰モデルは

$$x(s) = \sum_{m=1}^M A(m) x(s-m) + \varepsilon(s)$$

$A(m)$ を最小二乗推定により決定すると、クロス密度関数 $p(f)$ 周波数応答関数 $A(f)$ 、変量 i に対する j の雑音寄与率 $R_{ij}(f)$ は以下のように定式化できる。

$$p(f) = [A(f)]^{-1} \Sigma [A(f)]^{-1} \Delta t$$
$$A(f) = \sum_{m=0}^M A(m) \exp[-i2\pi f m]$$
$$R_{ij}(f) = \frac{|A(f)_{ij}^{-1}|^2 \sigma_{\varepsilon}^2}{\sum_{k=1}^p |A(f)_{ik}^{-1}|^2 \sigma_{\varepsilon}^2}$$

ここで、 Σ は誤差ベクトル $\varepsilon(s)$ の共分散、 σ_{ε}^2 はその対角要素である。なお、最適次数 M の決定は、AIC 最小によった。

3 走行試験

夏季乾燥路面上におけるわだち路走行試験を、北大構内北13条通りにて実施した。当路面上には、ほぼ小型乗用車のホイールパスに相応したわだち掘れが形成されている。走行試験に先立って行なわれた横断方向の水準測量では、わだちの頂部と底部における高低差は、15-20mmであった。

走行試験は、西から東向きに一定速度40km/hで約 80mの区間を、両輪がわだち底部に位置して走行するように行なわれた。表-1に測定した変量を示す。x,y,zは、進行方向、水平横方向、および鉛直方向を意味している。運転者による特性の差異を見るため、NO.1からNO.3の3名の運転者が同じ走行を行なった。

4 解析結果

図-1は、表-1の7変量に関するクロススペクトルとコヒーレンスをマトリックス表示したものである。対角を含み左下部にクロススペクトルを右上部にコヒーレンスを示した。3本の線は、3人の運転者に対応し

Tabl.-1 Measured points on a vehicle in driving tests on a rutted road

	測 定 変 量	略 号
1	重 心 Y方向加速度	GY
2	// Z //	GZ
3	前輪左バネ下 Z方向加速度	FLZ
4	右 Y //	FRY
5	右 Z //	FRZ
6	操舵力 (ハンドル)	SPW
7	操舵角 ()	SAG

ている。また試験車のバネ上、バネ下の固有振動数は3,および18hz付近にある。

運転者の操作変数である 6,7を除いた変数に関して対角位置にあるパワースペクトルを見ると、重心Z方向(GZ)を除き15hzを中心に著しい卓越性が見られているが、これはバネ下の運動の影響と考えられる。GZに関しては、固有振動数付近にもやや卓越性が見られるものもあるが運転者によるばらつきが大きい。すなわち、バネ下を通して車両に入力されたわだち形状の影響がバネ上には γ 方向に最もよく伝達されているものと推測される。

操舵力(SPW)と操舵角(SAG)に対するコヒーレンスに関して、前者が、バネ下の固有周波数より低い領域において、バネ下およびGYと比較的大きな相関を示している。このことは、わだち走行時の運動に対して運転者が操舵角より操舵力を通して反応していることの現われと推察される。

図-2と図-3は、周波数応答関数および誤差の寄与率を表示したものであり、それぞれj行の変数に対して、各k列の変数の応答特性および誤差発生依存度を表わしている。応答関数の対角要素は、自分自身による応答であるので、厳密に白色雑音に基づくフィードバックが成立している場合には、0となるはずであるが、卓越周波数付近を除き大きな値となっている。誤差の寄与率においては対角要素に大きな寄与が観測される。このことは、各変数に含まれている誤差の多くは自分自身にその原因があることを意味している。またバネ上(重心)の変数には、バネ下が誤差を伝達しているが、容易に予想される通りにその逆の特徴はあまりみられていない。 今後は、さらにシステム解析を進めていくとともに、運動モデルに基づくシミュレーションも併せて実施して行きたい。

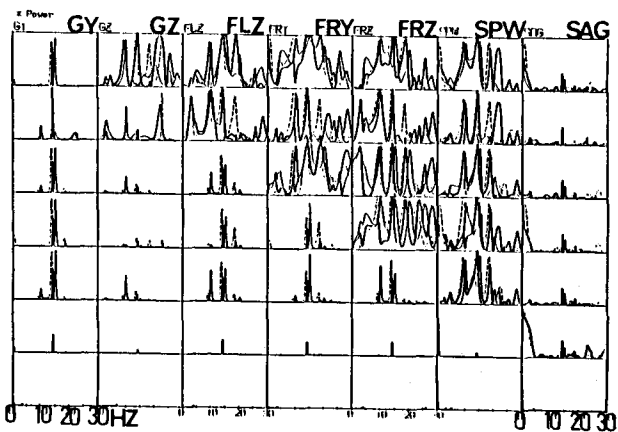


Fig.-1 Cross-spectrum and coherence

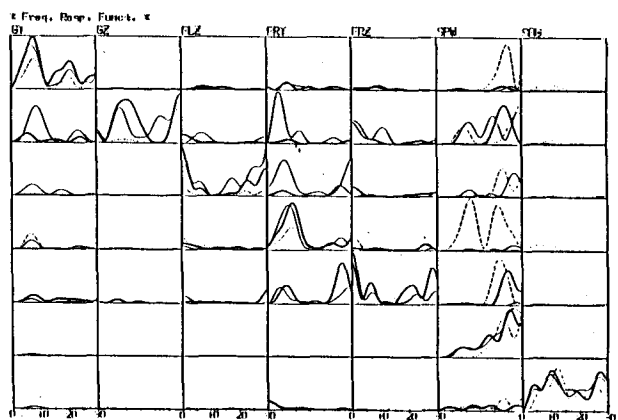


Fig.-2 Frequency response function

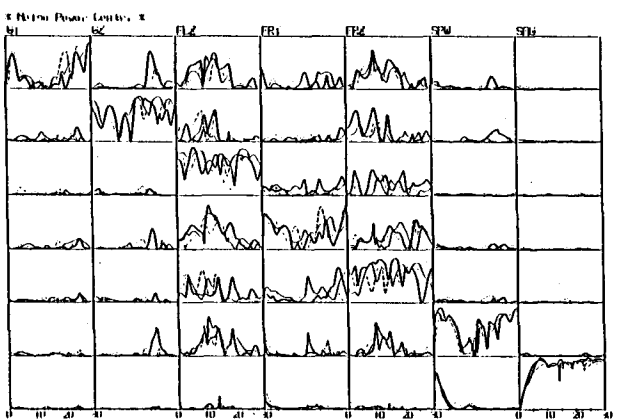


Fig.-3 Differential relative power contribution

参考文献 (1) 赤池他; ダイナミックシステムの統計的解析と制御、サイエンス社

(2) 大津他; 保針運動の統計的同定と最適操舵、日本造船学会論文集、139号(1976)、143号(1978)