

## 技術論文

## 二輪車安心感の実験解析

## Experimental Analysis of Sense of Stability in Motorcycle

大富部 寿一\*  
Juichi Otombe長谷川 晃\*\*  
Akira Hasegawa

## 要 旨

乗物の基本走行特性として、①走る ②曲がる ③止まる の3要素がある。ライダーが、これらの動作を容易におこなうことができる走行感覚として『安心感』があげられる。本報告では、乗物の中でもライダーの影響度の大きなM/Cを対象として、先程述べた①走る動作のうち直進走行に関して、ライダーの感じる『安心感』が走行中得られる車両の物理特性（計測値）とどの様に対応するのかを、実験解析をおこない検討した。

評価方法は、社内エキスパートライダーによる評価テスト。計測方法は、上述ライダーによる走行中の過渡応答テストで、両者の関係を実験データより求めた。その結果、ライダーの直進走行時における安心感と対応する物理特性として、伝達関数（ハンドル入力に対する車両挙動出力）があげられることが判った。その中でも操舵トルクに対する車体ヨーレイトのゲイン、減衰比が良く対応するという結果が得られた。

なお、本件は 1991VDI大会への投稿論文である。

## Abstract

A vehicle in a running condition is essentially characterized of the three elements: (1) running, (2) cornering, and (3) stopping. Among the riding sensations which contribute to the rider's ease of performing these elements is a "sense of stability." This paper concerns a motorcycle which can be more easily subjected to the rider's behavior, and an experimental analysis was made to study how the rider's "sense of stability" can relate to the response characteristics of the operating motorcycle running especially in a straight line in connection with the first of the above elements. As a result, it has been found that a transfer function (motorcycle behavior/handlebar input) is among the physical characteristics corresponding to the sense of stability that the rider feels while he is running the motorcycle in a straight line. Especially, it has become clear that the gain and damping ratio of the yaw rate to the steer torque have a better corresponding effect.

## 1. は じ め に

ライダーがM/Cに乗車中感じるフィーリング

のうちで、最も基本的な感覚の一つとして、“安心感”が挙げられる。これは、走行時に路面からの外乱や空気抵抗などによって生ずる、M/Cのわずかな挙動変化に対してライダーが得る感覚の1つである。

\* MC事業本部 第2開発部

\*\* 技術本部 技術管理部



またM/Cが走行中、ライダーが安心感を得るための情報として、以下の二つが考えられる。

乗車中、身体に受ける感覚（体感振動、視覚、聴覚、触覚、……）、今までにライダーが得てきた様々な経験（接地感のある状態、……）、以上のそれぞれは、ライダー間で個人差があり、又同じライダーでも体調や精神状態の違いによってその評価が異なってくることが知られている。このような人間の主観評価を定量化する事（客観評価）は、非常に難しく、あまり手がつけられていないのが現状である。

今回、我々はこの安心感と対応する代用特性を

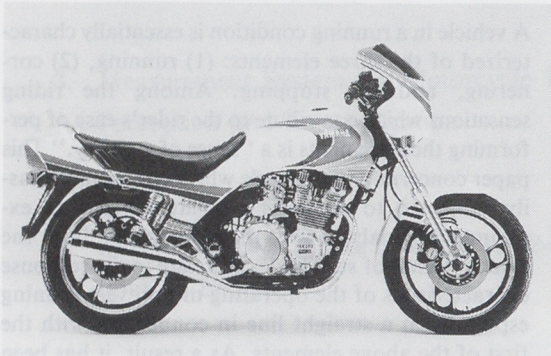
実験解析より求めて、安心感のあるM/Cの運動特性に関する検討を行ない、明らかとなったいくつかの結果について報告する。

## 2. 実験の方法

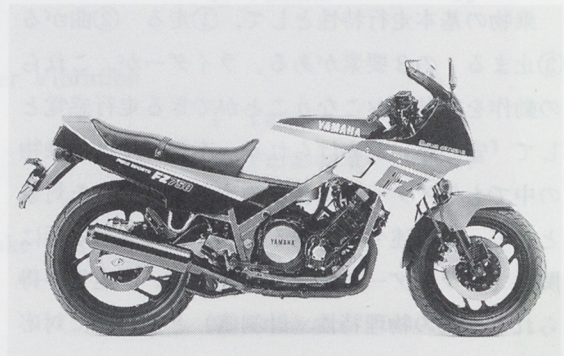
### 2.1 テスト車

使用したテスト車は、大型で似たようなライディングポジションの4種類の市販二輪車である。

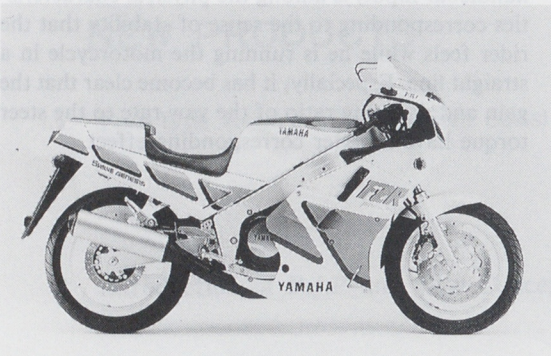
M/Cの写真および主要諸元を、図1、表1に示す。



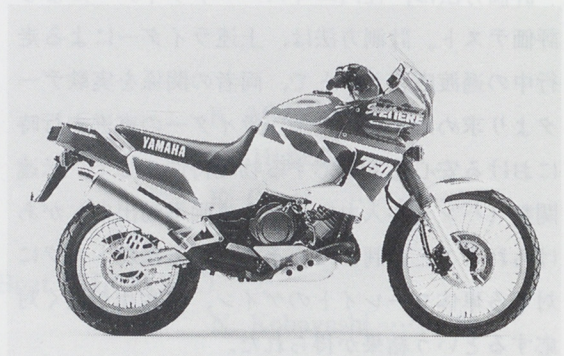
テスト車両 A



テスト車両 B



テスト車両 C



テスト車両 D

図1 テスト車両

### 2.2 テストライダー

1., “はじめに,”で述べたように、ライダーの感覚には個人差がある。また、計測値もライダーによって異なる。そこで、今回はM/Cに乗りなれ

た社内エキスパートライダーがテストを行なった。

### 2.3 テスト方法

#### 2.3.1 フィーリング評価法

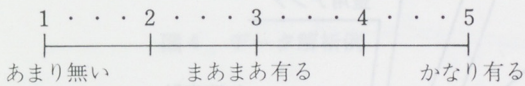


表1 テスト車両の諸元

		テスト車両 A	テスト車両 B	テスト車両 C	テスト車両 D
車両重量	kgf	242	232	229	231
前輪分担荷重	kgf	113	115	116	109
ホイールベース	mm	1480	1485	1470	1505
タイヤサイズ(フロント)		100/90V-18	120/80R-16	120/70VR17	90/90-21
(リヤ)		120/90V-18	130/80R-18	160/60VR18	140/80-17
キャスト	deg	27.0	25.5	25.3	27.8
トレール	mm	114	94	100	112
排気量	cm <sup>3</sup>	853	749	989	749

定速走行時における、安心感の絶対評価をテストコースで、以下のように行なった。

・絶対評価



・車速 (km/h) = 120, 140, 160, 180 (+ 3 km/h)

2.3.2 計測テスト方法

走行中のMan-Machine系としての振動特性を計測する方法として用いられている、パルス法に

て計測した。

パルス法とは、図2に示すように、定常直進走行中にライダーがハンドル端にパルス状の外乱を入力し、その応答を求める方法である。

車速は2.3.1と同様である。

当然のことではあるが、2.3.1と2.3.2は別に行なう。

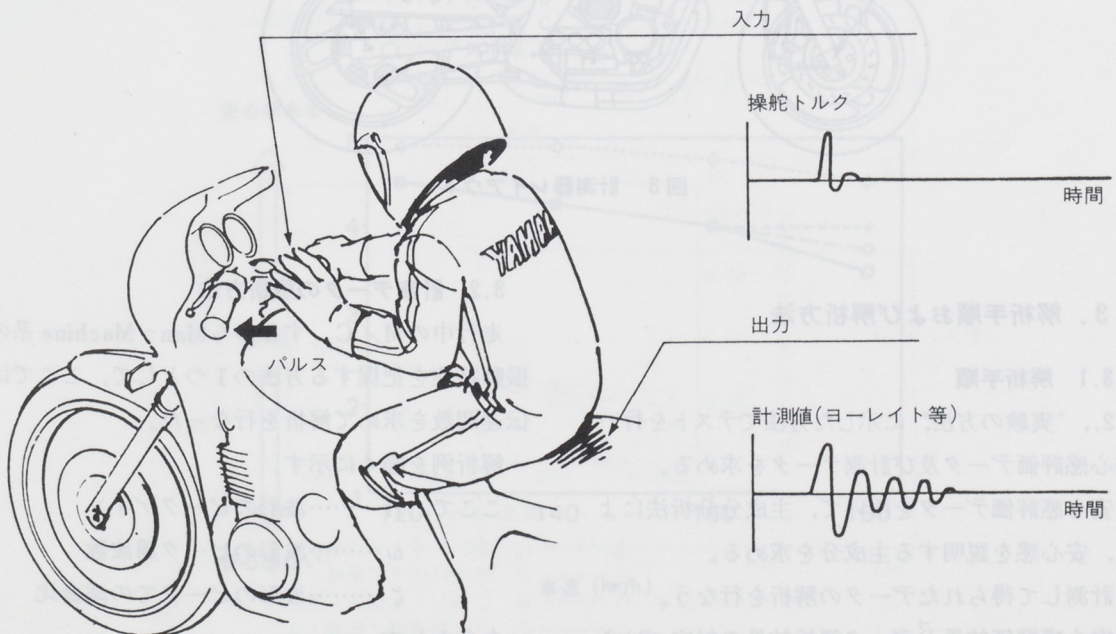


図2 パルス法



### 2.3.3計測項目

M/Cの計測項目を表2に示す。

計測機器、センサーを車載した状態を図3に示す。

表2 計測用センサーと計測項目

センサー	計測項目
操舵トルク計	操舵トルク
レートジャイロ	ヨーレート ロールレート
加速度計	フロントホイールシャフト横加速度 ハンドルクラウン横加速度 リヤホイールシャフト横加速度 車体フレーム横加速度

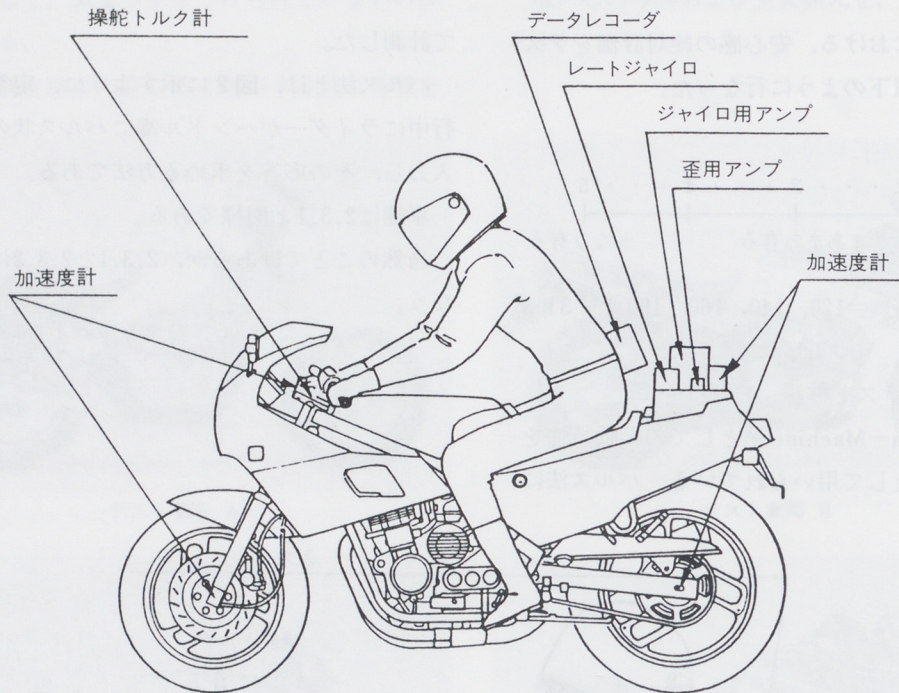


図3 計測器レイアウト

## 3. 解析手順および解析方法

### 3.1 解析手順

2., “実験の方法” に示した方法でテストを行い、安心感評価データ及び計測データを求める。

安心感評価データを用いて、主成分分析法により、安心感を説明する主成分を求める。

計測して得られたデータの解析を行なう。

安心感評価結果とデータ解析結果の対応づけを行なう。

### 3.2 計測データの解析方法

走行中のM/C，すなわちMan-Machine系の振動特性を把握する方法の1つとして，ここでは伝達関数を求めて解析を行なった。

解析例を図4に示す。

ここで，H……………波形のピークゲイン

$\omega$ ……………波形のピーク周波数

$\delta$ ……………波形のピークでの減衰比

をあらわす。



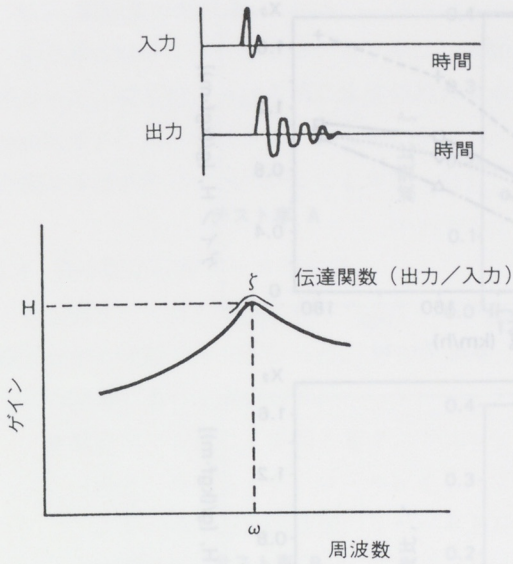


図4 データ解析例

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 安心感評価結果

安心感評価の結果を図5に示す。

どのM/Cも車速が増すと、評価は下がる傾向である。モデルにより、その傾きに差がある。

### 4.2 計測データ解析結果

計測データの解析結果を図6, 7, 8に示す。

図6は、パルス法によって得られた伝達関数のゲインHの結果である。各車、車速の増加とともにHは大きくなる傾向である。

図7は、伝達関数の減衰比 $\zeta$ の結果である。各車、車速の増加とともに $\zeta$ は小さくなる傾向である。

図8は、伝達関数の減衰固有周波数 $\omega$ の結果である。各車、車速の増加とともに $\omega$ は大きくなる傾向である。

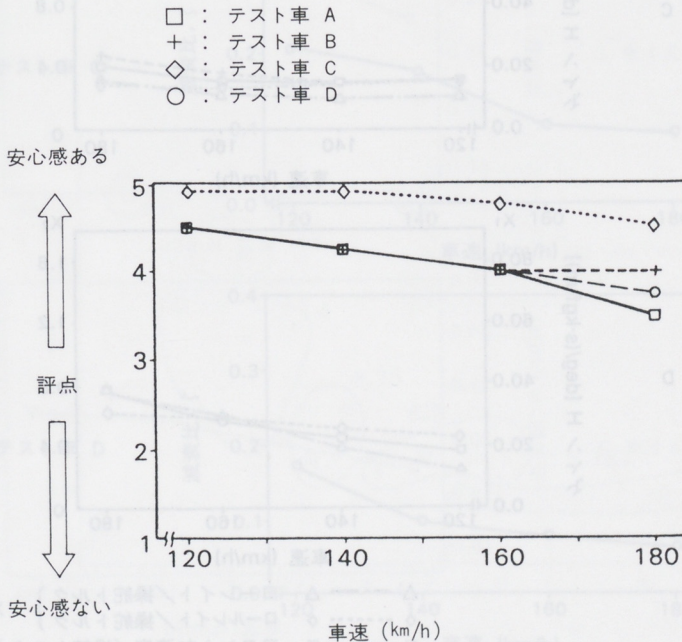
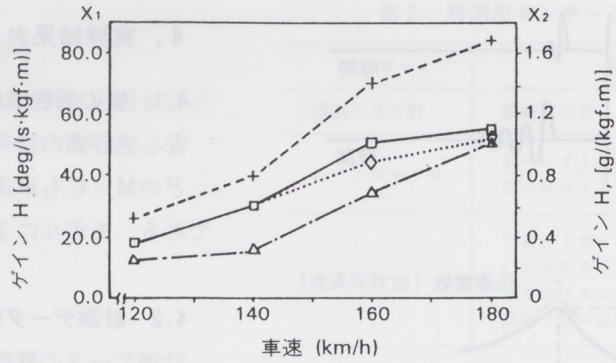


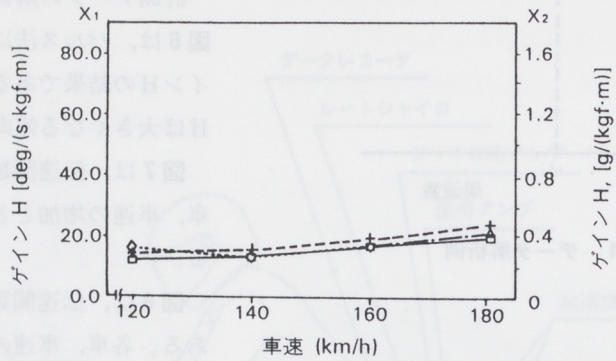
図5 安心感評点



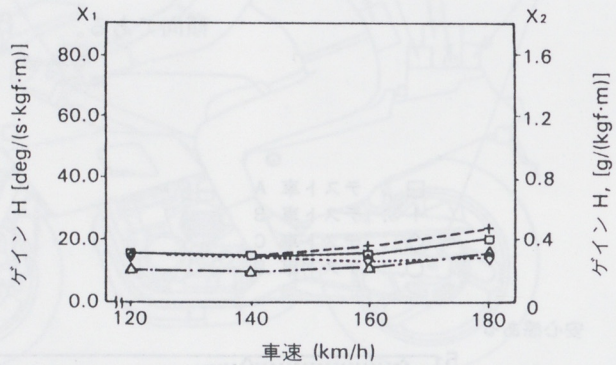
テスト車 A



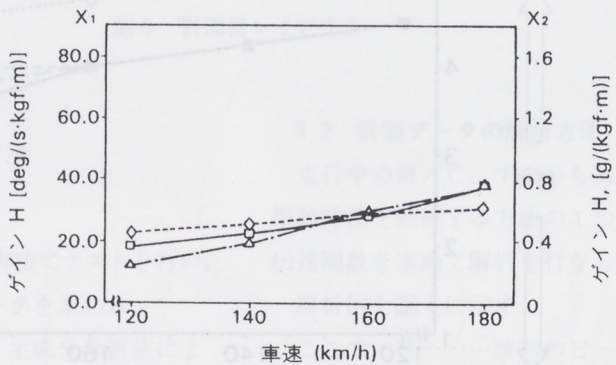
テスト車 B



テスト車 C



テスト車 D



- $\triangle$  ---  $\triangle$  ヨーレイト／操舵トルク } X<sub>1</sub>  
 $\diamond$  ---  $\diamond$  ロールレイト／操舵トルク }  
 $\square$  ---  $\square$  フロント加速度／操舵トルク } X<sub>2</sub>  
 $+$  ---  $+$  リヤ加速度／操舵トルク }

図6 伝達関数ゲイン



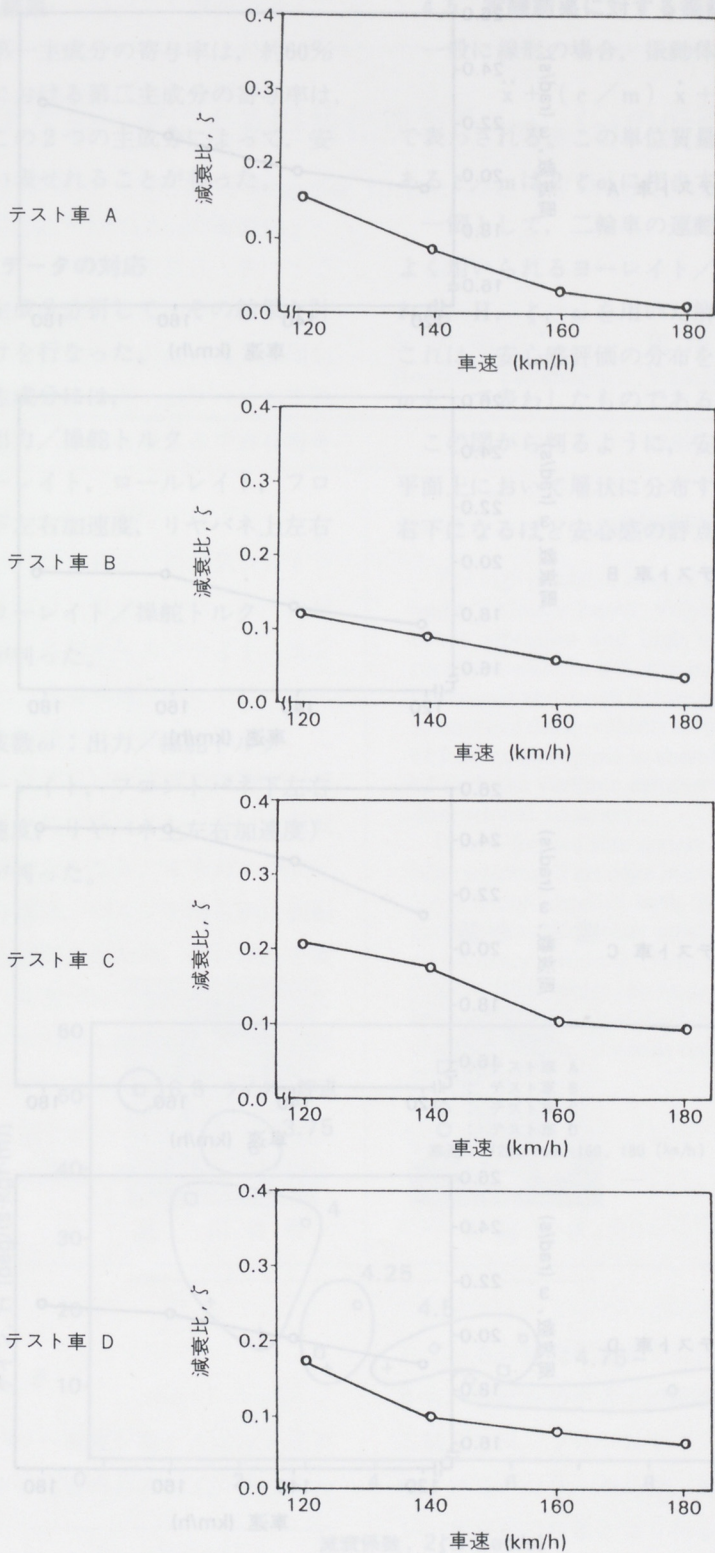


図7 伝達関数の減衰比



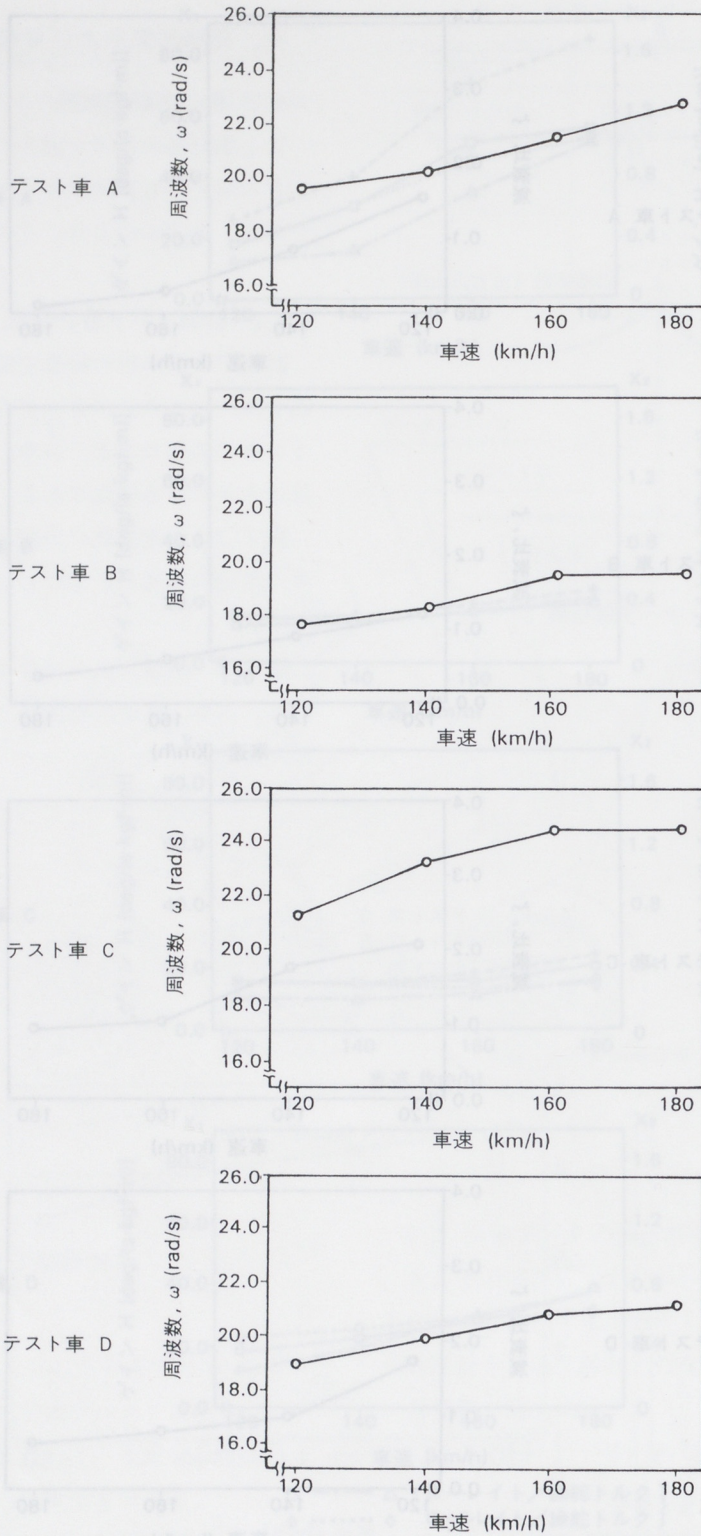


図8 伝達関数の周波数



### 4.3 主成分分析結果

安心感における第一主成分の寄与率は、約60%であった。安心感における第二主成分の寄与率は、約30%であった。この2つの主成分によって、安心感はほぼ9割言い表せれることが判った。

### 4.4 安心感と計測データの対応

安心感データを主成分分析して、その結果と計測データの対応づけを行なった。

その結果、第一主成分には、

\*減衰比 $\zeta$ : 出力/操舵トルク

(出力: ヨーレイト, ロールレイト, フロントバネ下左右加速度, リヤバネ上左右加速度)

\*ゲインH: ヨーレイト/操舵トルク

が対応することが判った。

第二主成分には、

\*減衰固有周波数 $\omega$ : 出力/操舵トルク

(出力: ヨーレイト, フロントバネ下左右加速度, リヤバネ上左右加速度)

が対応することが判った。

### 4.5 実験結果に対する振動論からの考察

一般に線形の場合、振動体の運動方程式は

$$\ddot{x} + (c/m) \dot{x} + k/m x = 0$$

で表わされる。この単位質量あたりの減衰係数である $c/m$ は $2\zeta\omega$ に相当する。

一例として、二輪車の運動特性を議論するのによく用いられるヨーレイト/操舵トルクから得られる、H、 $\zeta$ 、 $\omega$ を用いた解析結果を図9に示す。これは、安心感評価の分布を、縦軸H、横軸 $2\zeta\omega$ として表わしたものである。

この図から判るように、安心感の各評点はこの平面上において層状に分布する。この図において、右下になるほど安心感の評点は良い傾向である。

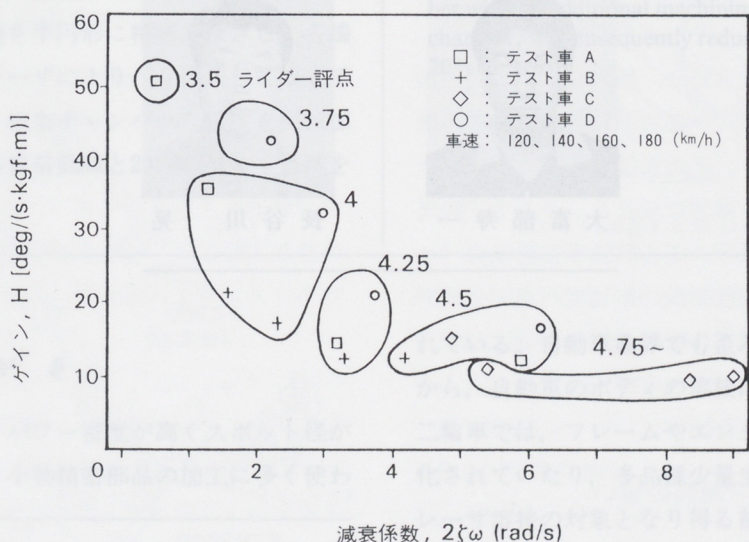


図9 伝達関数(ヨーレイト/操舵トルク)の解析例



## 5. ま と め

以上述べた結果は、

- ・ 定速直進走行時における安心感
- ・ 路面は、限定されたテストコース
- ・ 限られたテスト車両

という条件のもとで、エキスパートライダーによるテストより得られたものであるが、以下の事が言える。

安心感の代用特性としては、

- ・ 伝達関数「出力／操舵トルク」の減衰比  
(出力：ヨーレイト、ロールレイト、フロントバネ下の左右加速度、リヤバネ上の左右加速度)

・ 伝達関数「ヨーレイト／操舵トルク」のゲイン  $H$

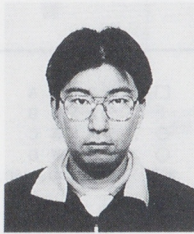
・ 伝達関数「出力／操舵トルク」の減衰固有周波数  $\omega$

(出力：ヨーレイト、フロントバネ下の左右加速度、リヤバネ上の左右加速度)

などが考えられる。

しかし、今回得られた結果は先にも述べたように限定された条件下のものであり、より広範な条件下においては、安心感に寄与する特性値は多種多様存在すると思われる。

## ■ 著 者 ■



大 富 部 寿 一



長 谷 川 晃