

自動車の低速時における操舵トルク (第2報)

On the Steering Torque at Slow Speed of Automobile (part 2)

小口泰平

1. 緒言

自動車の走行時における舵の重さは、「自動車の据切りおよび低速時の操舵トルク」(第1報)¹⁾でのべたように一般につきの因子が考えられる。

- 1) 路面とタイヤの間に生ずるトルク
- 2) 幾何学的要素の変化によって生ずるトルク
- 3) 操舵系の摩擦によって生ずるトルク
- 4) 操舵系の慣性によって生ずるトルク
- 5) 戻しばね, シミーダンパ, ゴムブッシュ等を有する場合は, これらに基づくトルク。

前報までは, 据切り時の操舵トルクおよび, 操舵時における遠心力が極めて小さい場合につき実験ならびに解析を行なったが, 今回は遠心力の影響について検討を行ない, おおのこの因子が操舵トルクにどのように影響を及ぼしているか考察した。一般に遠心力の影響は主としてローリングが生ずることによるものと, 車輪に横すべり角が生ずることによるものの二つの因子に分けられる。

2. 路面とタイヤの間に生ずるトルク²⁾

理論計算, 実験値の解析にはつぎの記号を用いた。

V : 車速	m/sec
F_h : 操舵力	kg
T_h : 操舵トルク	m·kg
ω_k : 操舵角速度	rad/sec
i : オーバーオールレシオ	
T_k : キングピントルク	m·kg
θ_k : 実舵角	rad
θ_0 : 前輪横滑り角	rad
ω_k : 実舵角速度	rad/sec
K : コーナリングパワー	kg/rad
G : 自動車重量	kg
l : ホイールベース	m
g : 重力の加速度	m/sec ²
N_r : 右前輪タイヤ荷重	kg
N_l : 左前輪タイヤ荷重	kg
R : タイヤ半径	m
ω_r : 転動角速度	rad/sec
ω_0 : 車体の旋回角速度	rad/sec
$T_k/(N_r+N_l) \cdot R$: 操舵トルク係数	
$\lambda = \omega_r/\omega_k$: 転舵率	
$\lambda_0 = \omega_r/\omega_k + \omega_0$: 対地転舵率	
$\omega_0 = \frac{V \cdot \theta_k}{l}$	

自動車が一定速度で走行しているとき, 一定角速度で操舵した場合実舵角と実舵角速度の関係は,

$$\theta_k = \omega_k \cdot t \quad (1)$$

この時, 前輪の横滑り角は近似的に次式で表わされる

$$\theta_0 = \frac{G \cdot V^2}{4Klg} \cdot \theta_k = \frac{G \cdot V^2 \cdot \omega_k}{4Klg} \cdot t$$

この式をラプラス変換すると

$$\Theta_0 = \frac{G \cdot V^2 \cdot \omega_k}{4Klg} \cdot \frac{1}{S^2}$$

となる。ここで「自動車のシミーに関する研究」坂下氏 p. 22 より, セルフアライニングトルクと舵角との関係を示す次式を引用する。

$$T_k = H(S) \Theta_0 = \frac{KL - N^2}{\rho \cdot V^2} \cdot S^2 + \frac{L}{V} \cdot S + N \cdot \Theta_0 \quad (4)$$

$$= \frac{KL - N^2}{\rho \cdot V^2} \cdot S^2 + \frac{1}{V} \left(\frac{K}{\rho} + \frac{L}{\tau} \right) S + 1 \cdot \Theta_0$$

ここで T_k , Θ_0 はおのおの T_k , θ_0 のラプラス変換, $T_k S$ はラプラス変数である。

K : コーナリングパワー

$$L: \frac{N(\tau + N)}{K}$$

N : セルフアライニングトルク係数

ρ : タイヤの横剛性

τ : タイヤの振り剛性

V : タイヤの速度

ここで(3)式を(4)式に代入すれば

$$T_k = -\frac{GV^2 \cdot \omega_k}{4Klg} \cdot \frac{KL - N^2}{\rho \cdot V^2} \cdot S^2 + \frac{L}{V} \cdot S + N \cdot \frac{1}{S^2} \quad (5)$$

$$= -\frac{GV^2 \cdot \omega_k}{4Klg} \cdot \frac{KL - N^2}{\rho \cdot \tau \cdot V^2} S^2 + \frac{1}{V} \left(\frac{K}{\rho} + \frac{L}{\tau} \right) S + 1 \cdot \frac{1}{S^2}$$

すなわち(5)式が一定角速度で操舵した場合の路面とタイヤとの間に生ずるトルクを表わす式である。(5)式の定数をまとめて式のかたちをみやすくすると

$$T_k = -A_0 \left(\frac{A_1 S^2 + B_1 S + C_1}{A_2 S^2 + B_2 S + 1} \cdot \frac{1}{S^2} \right) \quad (6)$$

(6)式をラプラス逆変換すると

$$T_k = -A_0 \{ C_1 t + (B_1 - C_1 B_2) + K_1 e^{P_1 t} + K_2 e^{P_2 t} \} \quad (7)$$

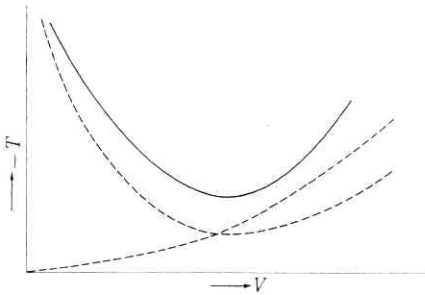
ただし, ここで P_1, P_2 は $S^2 + \frac{B_2}{A_2} S + \frac{1}{A_2} = 0$ の2根でいずれもマイナスの定数で, その絶対値は V に比例する。また K_1, K_2 は次式で表わされる定数である。

$$K_1 = \frac{A_1 P_1^2 + B_1 P_1 + C_1}{(2A_2 P_1 + B_2) P_1^2}, \quad K_2 = \frac{A_1 P_2^2 + B_1 P_2 + C_1}{(2A_2 P_2 + B_2) P_2^2}$$

すなわち, 操舵トルクは時間に無関係な定数, 時間に比例する項, 時間とともに減少する項の和の形となる。つきに ω_k, t を一定として T_k を V の関数として表

わすと次式のようになる.

$$T_k = -(A_3 V^2 + B_3 V + C_3 V \cdot e^{-\alpha_1 V} + D_3 V e^{-\alpha_2 V}) \quad (8)$$



第 1 図 路面とタイヤの間に生ずるトルク

$$T_k = -A_3 V^2 - (B_3 + C_3 e^{-\alpha_1 V} + D_3 \cdot e^{-\alpha_2 V}) V \quad (9)$$

(8)式は(7)式中の A_0, C_1 などを(5)の定数にもどし

整理することにより求まる.

A_3, B_3, C_3 等はいずれも V に無関係の定数である。(9)式を図に示すと第1図のようになると思われる.

3. 結 言

舵の重さについて、主要因子と思われるものにつき考察し、路面タイヤ間に生ずるトルクの特性を理論計算により求めた。そこで第3報に実験によって求めた各因子を報告したいと考えている。 (1963年11月11日受理)

参 考 文 献

- 1) 小口泰平：“自動車の据切りおよび低速時の操舵トルク” (第1報) 生産研究 15, 1, p. 20 (1963)
- 2) 小口泰平, 中島隆：“自動車の操舵トルクに関する実験と解析” (その2) 自動車技術会春季学術講演会前刷集 p. 111 (1963)
- 3) 坂下和史：“自動車のシミールに関する研究” 東洋工業 p. 22 (1961)

自動車の低速時における操舵トルク (第3報)

On the Steering Torque at Slow Speed of Automobile (part 3)

小 口 泰 平

1. 緒 言

第2報で述べた自動車の走行時における操舵トルクの主要因子について、実験により求め考察した。

2. 実 験 装 置

操舵力および操舵角の測定には、操舵力操舵角計を用いている (写真1, 第1図に測定計器のブロックダイア

グラムを示す。車速の算出は、簡易残跡装置による距離と時間の関係から求めた。重心高の変化に要するトルクの測定には、前輪をセンターレス・ターニングラジアスゲージの上に乗せて操舵トルクを求めている。

遠心力の影響のうちローリングの影響による因子の測定は、車体にローリングモーメントを与えて所定の操舵を行ない、他の因子と分離して求めている (写真2)。

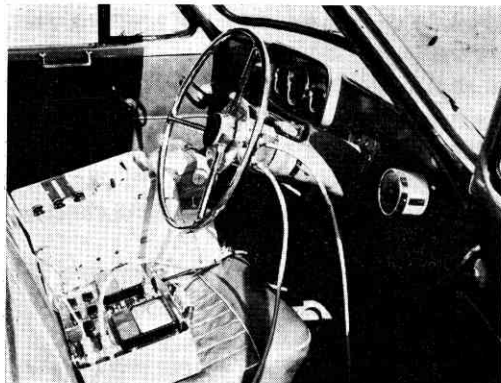


写真1 操舵力操舵角計を用いた測定装置

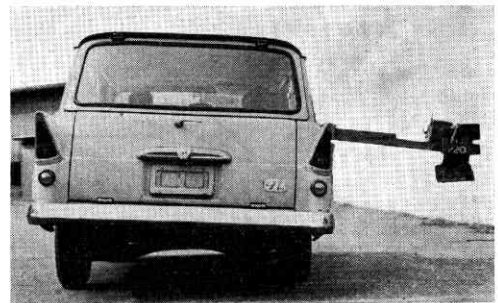
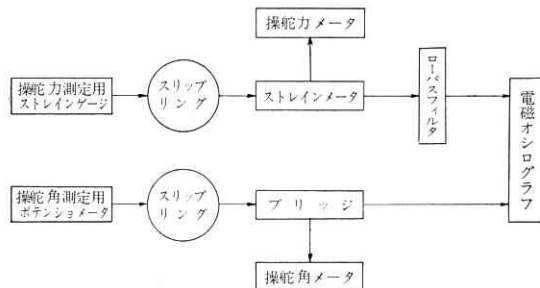


写真2 ローリングモーメント 228m・kg
ロール角 3deg



第 1 図 測定計器ブロックダイアグラム (操舵力操舵角計)

3. 重心高の変化および操舵系の摩擦に要するトルク
センターレス・ターニングラジアスゲージの上に前輪をのせ、測定した操舵トルクからテーブルの摩擦トルクを差し引けば、操舵系の所要トルクおよび重心高の変化に要するトルクが求まる。

第2図に、センターレスターニングラジアスゲージの最大静止摩擦トルク、動摩擦トルク (角速度=0.18 rad/sec) の測定値を示す。なお、これらの値は、一定角速度のもとで測定しているため慣性によるトルクは入っていない (正確には、動きはじめる時に慣性の項が入る