

IV-100 わだち路面走行時の車の運動に関する基礎的研究

函館高専 正会員 ○ 川 村 彰
北海道大学 正会員 加 来 照 俊

1. ま え が き

路面におけるわだち振れは、自動車交通量の増大とともに、都市部・郊外部のいずれにも多数存在し、道路の維持・修繕のみならず、自動車の走行上の安全面からも、わだち振れ程度及び、自動車の走行安定性との関係を知る必要が急務となっている。本研究はこのような実状に鑑み、わだち路面走行実験、車の運動モデルによるわだち路面走行シミュレーションにより、実験と理論の両面から、わだち路面が車の走行に及ぼす影響程度の把握を目的として行なった。

2. わだち路面走行時における車の運動解析モデルの作成

筆者らは、北海道鶴川町にあるいすゞ自動車テストコースに設置されているわだち路面(図-1)で乗り移り走行試験(図-2)を行なった。その際試験車の各部で測定される振動加速度のデータを解析するとともに、理論面より車の運動特性を解析することを目的として次式に示す7自由度の車の運動モデルを作成した。

$$m\ddot{Z} = P_{f1} + P_{f2} + P_{f3} + P_{f4} - m_g$$

$$m_1\ddot{Z}_1 = P_1 + P_2 - P_{f2} - P_4 - m_1g$$

$$m_2\ddot{Z}_2 = P_3 + P_4 - P_{f3} - P_{f4} - m_2g$$

$$I_x\ddot{\theta}_x = (P_{f1} - P_{f2})s_1 + (P_{f3} - P_{f4})s_2$$

$$I_y\ddot{\theta}_y = (P_{f1} + P_{f2})l_1 - (P_{f3} + P_{f4})l_2$$

$$I_1\ddot{\theta}_1 = (P_1 - P_2)s_1 + (P_{f2} - P_{f1})s_1$$

$$I_2\ddot{\theta}_2 = (P_3 - P_4)s_2 + (P_{f3} - P_{f4})s_2$$

記号)

Z : ばね上質量重心上下変位 m : ばね上質量

Z_1, Z_2 : ばね下質量上下変位 m_1, m_2 : ばね下質量

θ_x, θ_y : ばね上質量のロール、ピッチ角変位

θ_1, θ_2 : ばね下質量の地面振動の回転角変位

I_x, I_y : ばね上質量の前・後・左右軸まわりの慣性モーメント

I_1, I_2 : 前後車軸系の重心を通る左右軸まわりの慣性モーメント

l_1, l_2 : ばね上質量重心から前・後軸までの距離

$2s_1, 2s_2$: 前部及び後部懸架ばね間の距離

P_1, P_2, P_3, P_4 : 各タイヤに作用するばね力の粘性減衰力の和

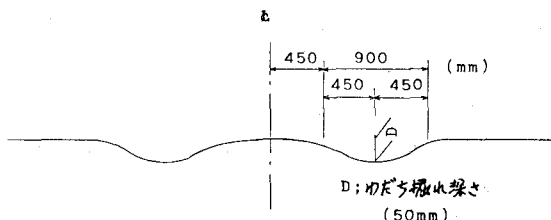


図-1 実験に用いたわだち路面

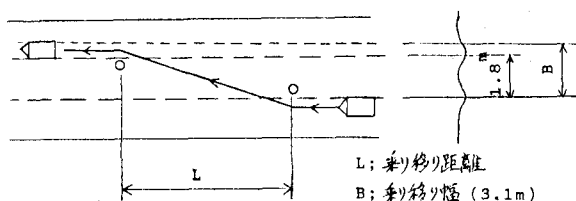


図-2 わだち路面乗り移り走行試験

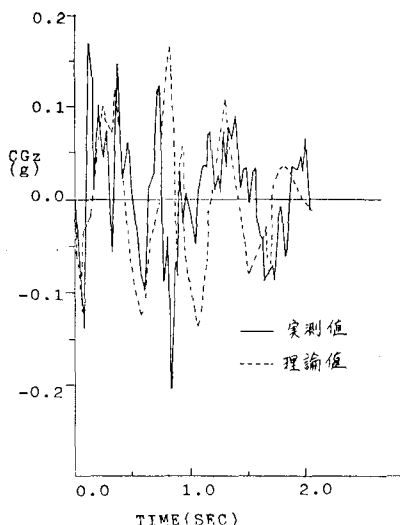


図-3 シミュレーションによる理論値と実験値の比較

$P_{f1}, P_{f2}, P_{f3}, P_{f4}$: 各部の懸架ばねのばね定数

ショックアブソーバの減衰力の和

このモデルを用いて、先の走行実験データと理論値との比較例を図-3に示す。図より、車の振動特性の概略が把握できることとして、わだち掘れ深さと乗り降り走行試験の乗り降り距離を変えて先のモデルよりシミュレーションを行なった。結果を図-4に示す。図より、乗り降り距離が短くなるにつれて、ばね上質点上下方向振動加速度のピーク値が0.04gから0.04gへ1オーダー程度の差が生じる結果が示された。又、わだち掘れ深さが振動特性に与える影響として、周期、波長、振動波形面では、ほぼわだち掘れ深さとは関係なく同様のパターンを示し、振幅は、わだち掘れ深さが増すにつれて、大きくなるという傾向を示した。

3. 操縦性、安定性に及ぼす影響について

わだち路面が、車の操縦性、安定性に及ぼす影響を知る必要から、次式に示す3自由度のモデルにより、検討を行なった。

$$m v \frac{d\beta}{dt} + 2(K_f + K_r)B + (m v + \frac{2}{V}(1_f K_f - 1_r K_r))r - 2K_f \alpha = 0$$

$$2(1_f K_f - 1_r K_r)B + I_h \frac{d\alpha}{dt} + \frac{2}{V}(\frac{1_f^2 K_f + 1_r^2 K_r}{V})r - 21_f K_f \alpha = 0$$

$$-2\epsilon K_f B \frac{2}{V} \frac{1_f K_f}{V} + I_h \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + 2\epsilon K_f \alpha = T_h$$

記号)

m : 車の質量 K_f, K_r : 前後輪のコーナリングパワー

$1_f, 1_r$: 重心から前部及び後部車軸までの距離

I : 車のヨーイング慣性モーメント

ϵ : ニュースタックトレールとキャストトレールの和

α : ハンドル角 B : 車の重心点の横ずれ角

δ : ヨー角速度 I_h : ハンドルの慣性モーメント

V : 車の走行速度 T_h : 人によるハンドルに与えられるトルク

このモデルに対し、先の走行実験で得られた操舵角を入力したときの、 α 、 β 、 $\frac{d\beta}{dt}$ の値を図-5に示す。結果より、 α 、 β の符号の異なる状態が示され、このような状態になったときの人間の操舵に関する応答特性も同時に考慮することにより、わだち路面に遭遇した時の車の運動状態をより的確に把握できることと思われる。

4. あとがき

本研究は従来、自動車工学の分野で行われてきた車のモデルをわだち路面という路面状態に限定して解析を行なったものである。本研究をさらに進めていくにあたり、わだち路面走行時の車の運動モデルの再検討、及び、わだち路面状態の各種パターン等を考慮し研究を行なう予定である。

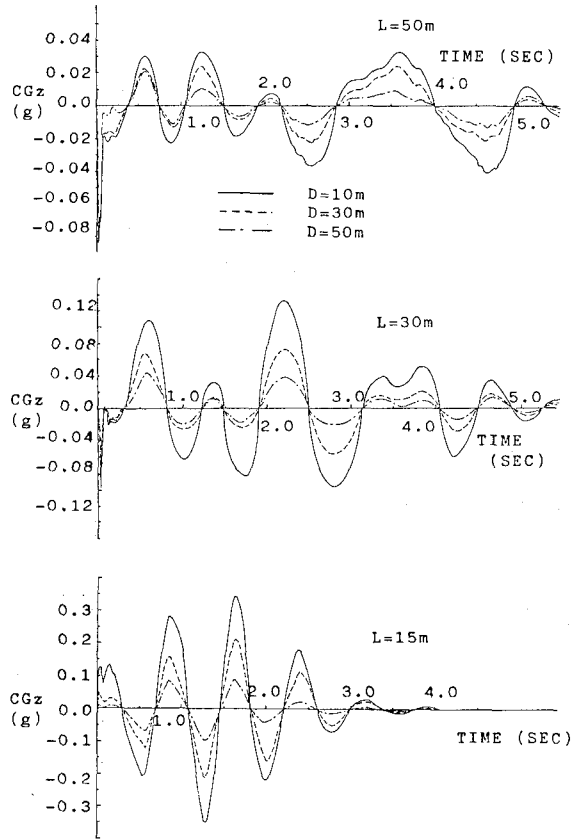


図-4 わだち掘れ深さと乗り降り距離の影響

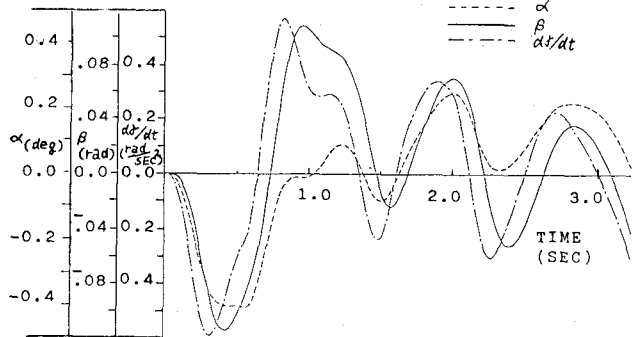


図-5 操舵入力モデルのシミュレーション