

高速走行時において路面が車の操安性に及ぼす影響について

北見工業大学 学生員 榎本友紀
日本道路公団 正会員 鈴木一隆
日本道路公団 正会員 大野滋也
北見工業大学 正会員 川村 彰

1. はじめに

高速道路における輸送量の増大に伴い、走行車両には従来以上の高速走行が要求されると同時に、道路利用者からの高速道路に対する安全性・快適性に関する要望もこれまで以上に複雑化、高度化している。

本研究は、高速走行時に際して安全性・快適性と密接な関係にあるとされる車の操縦性・安定性（以後、操安性と称す）に着目し、路面性状の内のわだち形状が車の操安性に及ぼす影響を車の運動モデルによる計算機シミュレーションにより理論的に考察し、高速走行時に対応した路面管理基準作成のための基礎資料の提供を主目的としている。また、本研究における操安性に関係する車の挙動としては、車線乗り移り走行を対象としている。

本研究は、2部構成になっており、最初に操安性解析に有用となる車の運動モデル作成のための基礎データを得る目的から、車両走行テストコースにおいて、実車による車線乗り移り走行試験を実施し、車の運動モデル作成に必要となる自由度および、車の諸元の検討を行ない、低自由度のモデルを作成した。続いて、わだち掘れ深さ、わだち掘れ形状を考慮できる横断プロファイルを作成し、先に作成した車の運動モデルを用いて、車速、わだち掘れ深さが車の操安性に及ぼす影響についてシミュレーションにより検討を行った。

2. 車線乗り移り走行試験

車線乗り移り走行試験とは、車両に加速度計、ステアリングに操舵力計、操舵角計を設置し、車線変更を行った場合の各計器の数値などによって車の操安性の評価を行うものであり、操安性解析において有用な試験である。操安性に関係ある車の運動パラメータとして、車の重心における横方向加速度、ヨーレート、ロール角、操舵角データの測定を対象として、実車による車線乗り移り走行試験を実施した。

本研究では、試験から得られた測定データを基に、車の運動モデルを作成し、コンピュータシミュレーションより車の操安性評価への適用性について検討を行う。数値解析法としてはルンゲ・クッタ法を用いた。

3. 操安性評価のための車の運動シミュレーション

3.1 車の運動モデル

本研究では、初めに前輪操舵角入力による車の運動モデルについて、Z軸周りの回転運動（ヨーイング運動）、Y軸上の運動（左右方向）の2自由度の運動方程式（1）式、（2）式で考察を行い、その解析結果からさらにX軸周りの回転運動（ローリング運動）を加えた3自由度の運動方程式（3）式、（4）式、（5）式を立て検討した。

$$mV \frac{db}{dt} + 2(k_f + k_r)b + \left\{ mV + \frac{2(l_f k_f - l_r k_r)}{V} \right\} g = 2k_f d \dots \dots \dots (1)$$

$$2(l_f k_f - l_r k_r)b + I \frac{dg}{dt} + \frac{2(l_f^2 k_f - l_r^2 k_r)}{V} g = 2l_f k_f d \dots \dots \dots (2)$$

$$mV \frac{db}{dt} + 2(k_f + k_r)b + \left\{ mV + \frac{2(l_f k_f - l_r k_r)}{V} \right\} g - m_s h_s \frac{d^2 f}{dt^2} - 2g_f f = 2k_f d \dots \dots (3)$$

$$2(l_f k_f - l_r k_r)b + I \frac{dg}{dt} + \frac{2(l_f^2 k_f - l_r^2 k_r)}{V} g - 2N_f f = 2l_f k_f d \dots \dots \dots (4)$$

$$-m_s h_s V \frac{db}{dt} - m_s h_s V g + I_f \frac{d^2 f}{dt^2} + C_f \frac{df}{dt} + (K_f - m_s g h_s) f = 0 \dots \dots \dots (5)$$

m, m_s : 車両全質量, ばね上質量, k_f, k_r : 前後輪のコーナリングパワー, I, I_f : ヨーイング慣性モーメント, ロール軸周り慣性モーメント, K_f, C_f : ロール剛性, ロール粘性減衰定数, その他のパラメータは図-1に示される。

操舵角 d を入力し、 β, γ を出力することによって車の運動を求める。

キーワード：操縦性・安定性、シミュレーション、乗り移り走行試験、わだち掘れ

連絡先：住所 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 電話 (0157) 26-9516

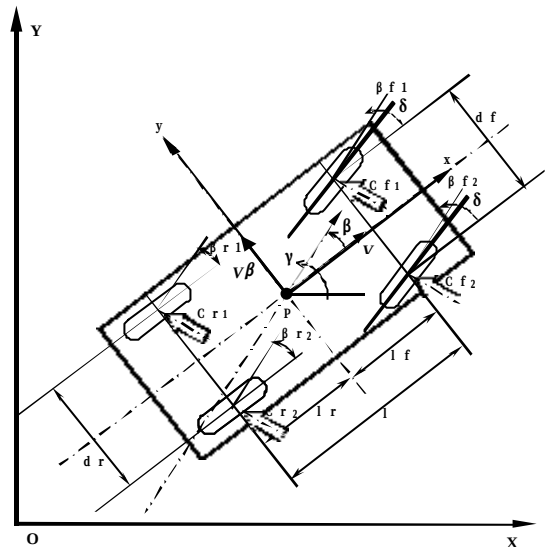


図-1 車両の運動

3. 2 モデルの自由度の検討

図-2、図-3は実車による車線乗り移り走行試験から得た実測値とシミュレーションにより得た理論値との比較である。どちらも速度 $V=100\text{km/h}$ 、乗り移り区間長 $L=100\text{m}$ の横方向加速度データを用いている。図-2では理論値と実測値とのずれが明確になっている。これでは実際の車両の運動を知るモデルとしては用いることが出来ない。そこで、操舵角の入力を考慮し、3自由度で実測値と理論値を再度検討した。その結果が図-3である。図-2に比べて明らかに実測値とのずれが改善されている。これによりおおまかな車の運動を把握することが可能となった。

3. 3 路面入力に対応した車の運動モデル

車の運動制御技術の向上に伴い、車自体の走行性能向上解析を目的とした車の運動モデルは、これまでに数多く開発されてきているが、路面評価を主目的として、多様な路面からの入力に対する車の挙動解析を対象とした車の運動モデルの研究例は数少ない。ASTM (American Society of Testing & Materials)

では、このようなことから縦断プロファイルが車の振動特性に及ぼす影響解析用のモデルを規格化し、路面評価に応用している。しかしながら、このモデルはピンポイントモデルであり、路面が車の操安性に及ぼす影響解析には不向きである。本研究に用いたモデルでは、路面とタイヤとのキャンバ角ならびにセルフアライニングトルクを考慮することで、路面の横断プロファイルが車の操舵に及ぼす影響を低自由度の車の運動モデルで評価可能にしている。

3. 4 路面入力モデル

本研究で作成した、車の運動モデルはモデルへの入力（横断プロファイル、車速、車線乗り移り距離）と出力（運動パラメータ：横方向加速度、ヨーレート、ロール角、姿勢角）間の応答特性の把握が容易であり、汎用性のある低自由度モデルを作成することを第一目標としている。

図-4は、車線乗り移り距離、わだち掘れ形状を固定して車速、わだち掘れ深さが車の横方向加速度に与える影響についてシミュレーションにより算出した例である。

従来、ISOでは横方向に対して人体に与える快適性面

から許容される加速度は、 $0.3\sim0.6\text{m/sec}^2$ とされており、その基準に則すならば時速 100km 走行時においては、わだち掘れ深さは 10mm 以下であっても時速 140km では、 3mm 以下とする必要があるという判断が可能となる。

4. おわりに

本研究では、車線乗り移り走行試験に限定して操安性の解析を実施した。また、操安性の評価項目は横方向加速度に限定しており、ヨー角変化、ロール角変化など操安性評価に関係が深いとされる他の運動変数についての考慮はされていない。本研究では、車の運動シミュレーションに主眼点をおき、操安性に配慮した路面の管理基準評価のための一方法論を報告した。

今後の課題として、これらの評価項目の取り扱い、タイヤなど車の非線形要素影響、さらには実態に即したわだち掘れ形状の考慮等に配慮し、研究の継続が期待される。

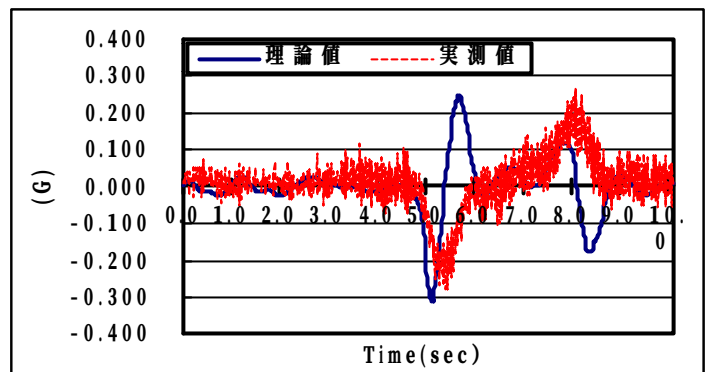


図-2 2自由度による解析結果

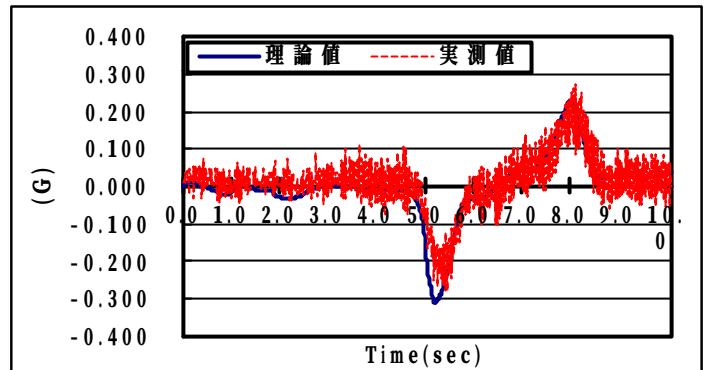


図-3 3自由度による解析結果

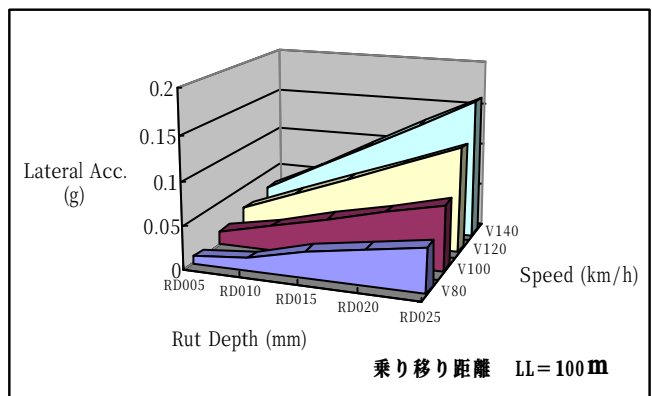


図-4 横方向加速度への影響 (Rd-V-La)