

## 自動車の走行特性に関する総合的研究

### Study on driving performance of automobile

主任研究員：横井雅之（短期大学部）

分担研究員：引地紘満（短期大学部）、井上吉昭（短期大学部）、

酒井秀男（短期大学部）

自動車の性能を表す指標はいくつかあるが、自動車の動的な特性を示す走行性能はそのなかでも重要な指標である。自動車システム全体としての動特性を求めるためには、これら構成要素部品の動特性を正確に把握しておくことが重要である。ここでは、走行性能を支える要素であるタイヤおよびブレーキの特性について、運動力学的な見地から、実験および理論解析を行うことにより、精確に把握し、さらに実用性についても検討を行った。

「タイヤのビードアンシーティング試験の静的および動的的研究」は急激な旋回を行ったりした時にタイヤがリムから外れる現象（これをビードアンシーティングと呼ぶ）についての試験方法の比較について検討した。この現象は非常に危険であるので、規格が設定されているが、静的な試験による規格であるために、実際の状況での適用が可能かを検討することが要求されている。本研究ではタイヤ試験機を用いて、動的な試験を行い、静的な試験結果と比較検討した結果、静的な試験結果で充分代用できることが分かった。

「自動車のアングスタアおよびオーバスタアに関する研究」はタイヤのコーナリング特性が自動車の走行特性であるアングスタアおよびオーバスタア特性に及ぼす影響を求めた。この特性に及ぼす種々な要因のうち、ここではタイヤのコーナリングパワーに注目した。ロードパターンの異なる3種類のタイヤ（高級スポーツ仕様、一般スポーツ仕様、スタッドレス）および、偏平率の異なる4種類のタイヤを使用して、荷重、タイヤ空気圧などを種々変化させた時の、コーナリングパワーの特性の変化を詳細に求めた。この結果、種々のタイヤを装着させた場合のコーナリングパワーの値から自動車のオーバスタアおよびアングスタア特性を簡単に判定する手法が得られた。

「2つのシューをもつブレーキのスキールに関する研究」では、ディスクブレーキをディスクの円周面からシューを押しつける方式にした場合の制動時に発生するスキールとステック・スリップ振動の存在について実験および理論の両面から検討した。実験は円板とほりに固定されたシューを両側から押し付ける装置を作成して行った。この結果、スキールはシューを固定しているほりと円板のモードの連成、ほりの2つのモードの連成および2つのほりと円板の連成によるものの3種類に分けられた。低周波の摩擦音から高周波のスキールへの変化を詳しく調べることにより、2つのモードによってスキールが発生することが明らかになった。シューによるブレーキシステムの理論解析により、不安定領域の周波数は実験により得られたスキールの周波数と一致し、理論解析の有効性が明らかになった。

本プロジェクトでは、分担研究員の専門分野は自動車工学、運動力学、振動工学、音響工学など広範囲にわたっている。この利点を活かし、理論解析には最近の新しい解析方法など

を採用し、実験結果のまとめには、コンピュータによる最新のデータ解析手法を取り入れている。いずれの研究においても、学会等における発表および論文集掲載などにより、当初の計画に対して、十分な成果が得られた。

以下に各々の分担研究成果についての詳細を示す。

## タイヤのビードアンシーティング試験の静的および動的的研究

酒井秀男、井上吉昭

### 「概要」

自動車は急激な旋回を行ったり、縁石などに当たった場合、タイヤのビード部がリムから外れることがある。これはビードアンシーティングと呼ばれている。タイヤがリムから外れると、摩擦力が低下するので非常に危険である。米国連邦自動車安全基準（FMVSS, Federal Motor Vehicle Safety Standard）のNo.109には、ビードアンシーティングについての規制が示されている。わが国でも（社）日本自動車タイヤ協会では、乗用車用チューブレスタイヤの安全基準として、静的なビードアンシーティング試験による値が規定されている。しかし、実際には動的試験による値が重要である。本研究では、静的試験と動的試験を行い、これらの相関関係を求めたところ良い相関がえられた。

#### (1) 静的なビードアンシーティング試験結果：

ビードアンシーティング試験装置は、アルミニウム合金からなる標準ブロックを試験機先端に取り付け、この試験装置により試験タイヤのサイドウォール部を押し付けて、タイヤビード部がリムから外れる力を測定するものである。ここでは、リム外れ力に及ぼす内圧、リムハンプ、リムハンプ幅の値を求めた。

#### (2) 動的なビードアンシーティング試験結果：

動的試験は実車にタイヤを装着し急旋回させたときにリム外れを起こすかどうかを試験するものである。本研究ではフラットベルト式タイヤ試験機を用い、自動車が左旋回を行っているときの右前輪を仮定し、以下の実験を行った。試験タイヤを試験機に取り付け、キャンバー角3度、スリップ角30度とし、2 cm/sの低速度で走行させ、荷重を徐々に増加させて、リム外れを起こす時の横力（リムに固定した座標での横力）と荷重（リムに固定した座標での垂直力）を測定した。この時の横力をリム外れ力と定義した。この実験から、動的試験では、静的試験よりも小さい力でリム外れが起こる事が分かった。また、これらの試験結果には良い相関関係があり、ビードアンシーティング試験は静的な試験で代用できる事が分かった。

これらの結果は以下の書類に記述された。

改訂版タイヤ工学 酒井秀男 グランプリ出版、2001、423-426（資料1）

# 自動車のアンダステアおよびオーバステアに関する研究 (タイヤのコーナリングパワーに及ぼす主要因について)

井上 吉昭、引地 絃満

## 「概要」

自動車の操縦安定性を評価する基準の一つとしてタイヤのコーナリング特性が自動車のアンダステアおよびオーバステアに及ぼす影響を求めることがある。この特性に及ぼす主因子として、タイヤのコーナリングパワーおよび自動車のホイールアライメント、車体のロール剛性、ステアリング剛性などがあるが、一番影響の大きい因子はタイヤのコーナリングパワーである。本研究では、タイヤのコーナリング特性に影響を及ぼす主因子を調べるために、市販されているトレッドパターンおよび扁平率の異なるタイヤを用いて、荷重およびタイヤ内圧の変化によるタイヤのコーナリングパワーを測定した。さらに、この結果がステアリング特性に及ぼす影響についても検討した。

実験はフラットベルト式タイヤ試験機を用い、新品のタイヤを規定の空気圧に設定後、荷重を1kNから8kNまで増加させ、スリップ角は左右各1度にとり、速度を20km/hに固定してコーナリングパワーを求めた。トレッドパターンの異なるタイヤとして、市販されているものから、高級スポーツ仕様、一般スポーツ仕様およびスタッドレスの3種類使用した。また、タイヤ外径がほぼ同一で扁平率の異なるものとして、リム外径の異なる4種類のタイヤを使用した。これらを使用して実験した結果、以下のような結論がえられた。

- (1) 荷重が3kNまでは、どのタイヤもコーナリングパワーは荷重に比例して増大する。
- (2) コーナリングパワーは最大値をとった後は荷重の増加につれて減少する。
- (3) 溝の少ない高級スポーツ仕様のタイヤは一般仕様のタイヤより、25%程度コーナリングパワーが大きい。一方、スタッドレスタイヤは逆に10%程度低い。
- (4) ホイール外径が大きく、扁平率が小さいタイヤほどコーナリングパワーが大きくなる。

また、空気圧が小さい場合には、コーナリングパワーの増加率が大きい。

さらに、これらの結果より、種々のタイヤを装着した場合のコーナリングパワーの値から自動車のオーバステアおよびアンダステア特性を簡単に判定する手法が得られた。

これらの結果は以下の論文に掲載された。

掲載論文 井上、引地：自動車のアンダステアおよびオーバステアに関する研究、自動車整備技術に関する研究報告誌、第30号、5-10 (2001)、全国自動車短期大学協会 (資料2)

井上：自動車の走行安定性に関する研究、研究報告集第39集、24-29、2002、大阪私立短期大学協会 (資料3)

## 2つのシューをもつブレーキのスキールに関する研究

横井雅之

### 「概要」

自動車におけるディスクブレーキをディスクの円周面にシューを押しつける方式にした場合の制動時に発生する鳴き音とステック・スリップ振動の存在について実験および理論の両面から検討した。実験は薄い鋼製の円板の円周面に鋼製のはりに固定されたシューを両面から押し付ける装置を作成して行った。シューを固定しているはりは長さを種々変化させた。円板の回転速度は1分間約63回転と一定とした。押し付け荷重は100Nまで作用させた。この結果、スキールは以下の3種類の条件の場合に発生することが分かった。(1) シューを固定している1つのはりと円板のモードの連成によるもの (2) 1つのはりの2つのモードの連成によるもの (3) 2つのはりと円板の連成によるものである。さらに、低周波の摩擦音から甲高いスキールへの変化を詳しく調べることにより、スキール発生の過程が明らかになった。まず押し付け荷重を増加させると周波数は高くなる。とくにはりの5次の周波数は増加するが、6次の周波数はほぼ一定値である。これらの2つのモードによってスキールが発生することが明らかになった。2つのシューと円板の連成を考慮したブレーキシステムの理論解析により、不安定領域の周波数は実験により得られたスキールの周波数と一致し、理論解析の有効性が明らかになった。これらの結果はディスクブレーキのスキール防止対策について、理論解析の一つの手法として実用化できると思われる。

これらの結果は以下の論文に掲載された。

### 掲載論文

M.Nakai, T. Matsusita and M. Yokoi, Squeal of a Wheel Brake with Double Shoes, ASME2001 Design Engineering Technical Conference and Computers and Information in Engineering Conference, Paper No. DETEC2001/VIB21508(CD-ROM) (資料4)