

自動車各部の機械力学的特性に関する研究

Research on the dynamic analysis of component parts of vehicles

総括研究員：酒井秀男（短期大学部）

分担研究員：横井雅之（短期大学部）、荒木一雄（工学部）、

引地紘満（短期大学部）

自動車は多数の部品から構成されており、それらを支える技術は広範囲にわたっている。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、タイヤ、ブレーキ等の構成部品に発生する振動、騒音などの動的な特性について、機械力学的な見地から、実験および理論解析を行うことにより、正確に把握し、さらに実用性についても検討を行った。

「タイヤのゴムの加硫温度と急激なすべりによって発生するトレッド温度に関する熱的解析」はスリップ事故の解析に重要な役割を果たしているタイヤのスリップ痕やスキッド痕について、タイヤ製造過程での加硫温度とトレッドゴムの関係を明確にした。また、「タイヤのリム外れに関する研究」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ないように、規格が設定されている。本研究では静的な試験機を製作して、その特性を検討したものである。

「鳴き音におけるステック・スリップ振動の存在の検討」では、自動車におけるディスクブレーキ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。「ディスクブレーキの円周方向振動による鳴き音」では、一般に知られているディスクの軸方向振動による鳴き音以外に円周方向の粗密波による鳴き音も確認された。この振動について、理論的な解析を行い、実験結果と一致することを確認した。

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はもとより運動力学、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課題についての詳細を示す。

タイヤのゴムの加硫温度と急激なすべりによって発生する トレッド温度に関する熱的解析一

酒井秀男、荒木一雄

「概要」

スリップ事故時に道路に残されたタイヤのスリップ痕やスキッド痕は、事故解析に用いられることが多く、非常に重要な現象である。しかし、この現象のメカニズムは複雑であることから未だ十分に検討されていない。

一方、タイヤが製造される工程で、生ゴムを金型の中で熱する事によって、生ゴムの中のゴム分子どうしを結びつける加橋という化学反応によって、分子網を形成させることを加硫と呼ぶ。この加硫では温度の時間的変化やゴム中の温度分布が加硫条件を決定する上において非常に重要な情報である。しかしながら、熱解析は非常に複雑であるので、次のような簡略化を行った、まずトレッドゴムのゴム板と考え、ゴム板について加熱や冷却時の温度変化について基礎的な計算を行う。そして、加硫反応速度は温度が10 [°C] 上昇する事によって2倍になるというArrheniusの式を用いて加硫指数を計算して、ゴム厚さが増加すれば中心部の加硫反応が極めて遅くなることを示した。

次に、ころがり抵抗すなわち内部摩擦による熱源や、タイヤが路面上で急激な滑りによる熱源がある場合について、トレッドゴムの温度変化を基礎的な計算によって求めた。そして、乗用車タイヤの場合、トレッド表面温度がアスファルトの軟化点およびゴムの軟化点値以上になると、アスファルトおよびゴムが軟化し、路面表面に突出している小石の表面に付着することによって、スリップ痕が発生するものと仮定してスリップ痕の発生条件を検討した。

『掲載論文』

Sakai and Araki 「Thermal Engineering Analysis of Rubber Vulcanization and Tread Temperatures During Severe Sliding of a Tire」, Tire Science and Technology, Vol.27, No.1 Jan. - Mar.1999.

タイヤのリム外れに関する研究

酒井秀男、荒木一雄、井上吉昭、引地紘満

「概要」

車が急激な旋回を行ったり、縁石などに当たった場合に、タイヤがリムから外れることがある。走行中にタイヤがリムから外れると旋回に必要な力が発生しなくなるので危険である。そこで、米国連邦自動車安全基準（FMVSS：Federal Motor Vehicle Safety Standard）のNo.109には、リム外れ（ビードアンシーティング）について規定されている。わが国でもそれを準用した形で（社）日本自動車タイヤ協会の規格では、乗用車用チュー

プレスタイヤの安全基準として、リム外れ静的試験が規定されている。

この静的試験を行って傾向を調べるため、規格に準じた、アルミニウム合金からなる標準ブロックを試験機の先端に取り付けたリム外れ試験装置を作り、静的にリム外れ力を測定した。その結果、ほとんど全てのタイヤが規格を満たしていること、しかし、使用時に内圧が低いと実際にリム外れが起ころうること、リムハンプの効果が大きいこと、リムフランジベースが広いほどリム外れ力が大きいことなどがわかった。また、きつく締め付けた勘合力の大きいタイヤほどリム外れ力が大きい、しかし、大きくし過ぎるとリム交換時の作業性が悪くなることが分かった。

今後更に、実際に近い条件としてフラットベルト式タイヤ試験機を用いた動的試験を行う予定である。

『掲載論文』

井上：タイヤのビードアンシーティング試験結果の評価に関する一考察、
自動車整備技術に関する研究報告誌、第28号（1999）

鳴き音におけるスティック・スリップ振動の存在の検討

横井雅之

「概要」

摩擦音の発生機構の解明についての研究の一つとして、ディスクブレーキにおいて制動時に発生する鳴き音とStick-slip運動の存在の関係について、内径固定、外径自由で支持されている円板とはりからなるモデルを作製し、実験を行うとともに理論的な検討も併せて行った。円板の横振動の(1-0)モードに相当する振動が発生するはりの位置で摩擦させた場合、はりの移動速度がある程度小さく、かつ円板とはりとの接触荷重が小さい場合にのみstick-slip振動が発生することがわかった。Stick-slip振動発生時には円板と固定している軸が共振し、いわゆるグローン音が発生した。はりの移動速度が非常に小さい場合でも、鳴き音発生時にはstick-slip振動は発生しないことを確認した。

『学会発表』

大徳、横井、中井「鳴き音におけるスティック・スリップ振動の存在の検討」
日本機械学会 Dynamics and Design Conference '98 講演論文集 No.98-8 Vol.A pp.
289-292. (1998)

ディスクブレーキの円周方向振動による鳴き音 (回転円板とほりによる鳴き音)

横井雅之

「概 要」

摩擦音の発生機構の解明についての研究の一つとして、ディスクブレーキにおいて制動時に発生する鳴き音の発生機構の解明を行っている。

ディスクブレーキの鳴き音は従来、ディスクの軸方向振動により発生するものが主であった。しか最近、ディスクの円周方向の疎密波による鳴き音も発生することがわかってきた。本研究では、内径固定、外径自由で支持されている円板とほりからなるモデルによる実験結果に基づき、理論的な検討を行った。この結果、円板の軸方向および面内（半径および円周方向）振動とほりの横振動を考慮した線形固有値計算から軸方向振動による鳴き音のほかに円周方向振動による鳴き音が発生することが明らかになった。また、円周方向振動のうち節円の数 n の振動モードの鳴き音が発生した。この振動が発生する範囲は軸方向振動の発生範囲よりも広いことがわかった。これらの理論結果は実験結果とよく一致した。

『学会発表』

横井他「ディスクブレーキの円周方向振動による鳴き音（回転円板とほりによる鳴き音）」、日本機械学会 Dynamics and Design Conference' 99講演論文集 No.99-7, Vol. A, pp. 487-490. (1999)