

自動車各部の機械力学的特性に関する研究

Research on the mechanical properties of the parts of a automobile

総括研究員 酒井秀男

分担研究員 荒木一雄 桜井雅之 高萩敏男

1. タイヤの制動駆動特性に関する研究
2. 摩擦音の発生機構に関する研究
3. 板状構造物より発生する衝撃騒音の発生機構とその防止法に関する研究
4. タイヤの力学的特性モデリングに関する研究

平成4年4月23日

1. タイヤの制動駆動特性に関する研究

荒木一雄(工学部)、酒井秀男(短期大学部)

概要

自動車タイヤの制動駆動特性は、自動車の加速・停止などの基本的特性に関係するので非常に重要な特性である。そこで、この研究の前半では、タイヤの制動特性についてのこれまでの理論をさらに発展させた詳細な検討を加えた。これまでの理論では、制動特性と駆動特性がスリップ比に対して対称で同じ傾向の特性を示すものとされていたが、タイヤの接地部では、制動時には後端が浮き上がり、駆動時には前端が浮き上がるので必ずしも対称で同じ特性を示すとは限らない。そこでここでは、タイヤのベルトに [制動駆動力×トレッド厚さ] なる分布モーメントが発生することを考慮した理論計算を行うことにより、制動時の特性と駆動時の特性が同じにはならず、非対称を示すことが分かり、実験的傾向をよく説明することができた。

上記の特性はスリップ比がゆっくりと変化する場合の定常的な特性である。これに対し、スリップ比が早く変化する場合の動的な制動駆動特性については、実験的研究はもとより理論的研究もほとんど進んでいないのが実状である。そこでこの研究の後半では、スリップ比が早く変化する場合の一条件として、スリップ比が周期的に変化する場合の、タイヤの前後剛性・ドライビングステイフネスの振動数と速度による変化を理論的に解析した。その結果、これらのものは距離周波数 [=振動数/速度] によって大きく変化することを明らかにすることができた。ここで得られた結果は、今後の実験により確認されるであろう。また、これらの結果は、エンジンのトルク変動による車両の前後振動の解析に必要なタイヤの動的前後剛性についての知見を与えることができたものと考えられる。

この研究は、自動車技術会学術講演会（1991年5月）で発表した、自動車技術会論文集 Vol.23, No.4（1992年10月発行予定）に掲載される予定である。

2 「摩擦音の発生機構に関する研究」

横井雅之(短期大学部)

摩擦音の発生機構に関する研究の一つとして、ブレーキ鳴き（スキール）の発生機構の解明を行くっている。ここでは、単純なモデルとして、バンドをドラムに巻き付けてブレーキを行うバンドブレーキ装置を用いて、その発生機構を実験および理論解析により解明した。スキールは低速時に発生するので、実験も低速（ドラムの回転数は0.7—7 rpm）で行った。測定は音のほかにバンドの振動変位をバンドの半径方向および円周方向の2方向について測定した。実験結果からは、以下のようなことが解明された。(1)スキールの波形はブレーキドラムの回転数が低い時には stick-slip 波形によく似ている(2)スキール周波数は、ドラムが高回転になるにつれて高くなるが、ある一定値に収束する。この周波数はドラムとバンドの連成による固有振動数であり、そのバンドの振動モードは3つの節をもつ。(3)スキール周波数は荷重が11.8—118Nの範囲では変化しなかった。

加振試験によるバンド固有振動数および振動モードは実験結果とは一致しないために、こすれ音からスキールが発生する時のバンドの振動変位の変化を求めた。その結果、スキール周波数近傍の2つの周波数の連成により、3つの節をもつバンドの自励振動が発生することがわかった。

理論解析では、バンドとドラムとの接触剛性を考慮した計算モデルを用いた。実際には、接触剛性はドラム上では場所により変化するが、簡単化のために、接触剛性は2種類とした。摩擦力を考慮しない計算では、スキールは発生しなかったが、摩擦力を考慮した結果、2つのモードの連成により、スキールが発生することが解明され、周波数およびモードについても実験結果とよく一致した。

これらの結果については、すでに学会で発表済みであり、現在、さらに詳しい解析および実験をおこなっている。

参考文献

Masayuki YOKOI and Mikio NAKAI, INTER-NOISE'91, (1991), 321-324

3. 板状構造物より発生する衝撃騒音の発生機構とその防止法に関する研究 高萩敏男(短期大学部)

自動車の機械力学的特性に関する研究のうち、自動車の衝撃騒音の発生機構について究明を行っている。そのためには、機械構造物において発生した振動が音に変換する過程を明らかにしなければならない。機械において音を放射する最も基本的な要素は板状のものであると考えられる。そこで、まず機械的加振にともなう板からの音響放射について理論的に明らかにすることにした。

板の音響放射モデルとしては、バッフル上に、ある境界条件でおかれた板を考え、板面は板の振動に応じた強さを持った点音源の集合体であると仮定した。それぞれの点音源から放射される音を重ねあわせることで、音場が構成している一つ一つの点音源は同位相であらゆる方向に振動して音を放射するので無指向性である。しかし、これらが集合すると、それぞれの音源が干渉することにより、着目方向によって形成される音場が変化し、非常に複雑なものとなる。このことから、板がよく振動するからといって、それがよく音を放射するとは限らないことに注意する必要がある。ここでは、機械加振された板の音響放射特性を評価する量としては Göselle の音響放射係数を用いることにした。これを用いて、板の放射特性について数値的に検討を行った結果、以下のことが明らかになった。(1)音響放射係数は板の屈曲振動によって生じる音のパワーを、同じ速度振幅でピストン運動する無限板の同面積から放射する音のパワーで除したものであり、ピストン板というものが最も放射効率がよいという仮定に基づくものである。しかしながら、最も放射効率のよい場合には、屈曲板がピストン板をはるかに越える放射特性を示す場合があること。(2)特に低周波において、同一周波数でも、振動モードによって放射係数が異なること。これらは、放射インピーダンスの解析的表現での重積分の評価一つのポイントであると考え、現在検討を進めている。

4. タイヤの力学的特性モデリングに関する研究 酒井秀男(短期大学部)、荒木一雄(工学部)、 梁瀬未南夫(住友ゴム工業株)

概要

最近では、自動車の運動特性のコンピュータシミュレーションが製品開発にも利用されており、コンピュータシミュレーションが極めて精密なものに発展しつつある。しかし、これに用いるタイヤの特性は、荷重、スリップ角、スリップ比、キャンバ角、速度、路面摩擦などのパラメータによって変化することから、実験データが膨大なものとなること、しかも、実験中にタイヤが磨耗することから精度も悪くなりがちである。精度の良いデータを得ようとすれば多くの試験タイヤと時間が必要である。このようなことから少い実験データから得られる精度の

良いタイヤモデルが求められている。

これに対し、デルフト大学では Majic Formura なる実験式モデルを提唱しているが理論的論拠が少ない。また、理論式モデルは精度の点で未だ実用化できるところまでには至っていない。また極めて大型の計算機シミュレーションモデルは計算時間が多くかかり、自動車の運動シミュレーションモデルとしては適していない。

そこでこの研究では、これまでの理論式モデルをさらに発展させた後、この理論式の中の係数の荷重による変化を実験式で表し、摩擦係数の速度による変化を実験式で求め、さらに経験的に補正が必要と考えれところに補正項を加えることによって、タイヤの実験的特性をよく表す半理論実験式モデルを得ることができた。このモデルは、理論式を用いているので比較的少ない実験データで決定することができ、広い使用条件範囲内で精度良く成立するので実用化が期待される。しかし、さらに高精度なモデルへと発展させなければならないものと考えている。

この研究は、自動車技術会学術講演会（1992年5月）で発表した1992 SAE International Car Meeting & Exposition（1993.3）でも発表の予定である。