

路面摩擦係数が測定可能な インテリジェントタイヤの開発

解説動画は
こちらから



金沢大学 高度モビリティ研究所

立矢 宏



■研究者のプロフィール

たちや ひろし

金沢大学 高度モビリティ研究所
理工研究域フロンティア工学系 教授

TEL : 076-234-4689

E-mail : tachiya@se.kanazawa-u.ac.jp

URL : <http://da.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/rdlab/>

研究シーズの概要

路面摩擦係数が測定可能なインテリジェントタイヤ

自動ブレーキ、横滑り防止など、車の運転支援システムの発展は目覚ましい。2021年11月末以降発売の国産新型車には衝突被害軽減ブレーキの装備が義務づけられており、ますます普及が進むと考えられる。しかし、現状の運転支援システムは路面の摩擦係数を直接測定していないため、常に適切な制御がなされているとはいえず、自動ブレーキも滑りやすい路面では十分な効果を発揮できない。

また、現在注目を集めている自動運転は、特定の条件下で実施可能なレベル3が達成されつつあるが、次の目標であるレベル4、5ではさまざまな環境での車両の操舵制動制御が要求され、そのためには雪面などの路面状況に応じた制御が必須となる。

以上から、車走行時の「路面摩擦係数」の測定が重要と考えられる。特に、車と路面との唯一の接点であるタイヤに着目し、その変形・振動などから路面の状態を測定するいわゆる「インテリジェントタイヤ」の開発が進められている。

路面摩擦係数の変化と車の走行状態への影響

「路面摩擦係数」とは、一般的に「タイヤに作用する接地面内方向の力」と「鉛直荷重」の比をいう。通常の摩擦係数とは異なり、この比はタイヤの走行状態で変化する。なぜならば、タイヤの接地面には、路面に対して粘着している領域と、滑っている領域が同時に存在し、両者の割合が走行状態で変化するためである。その割合は、①車の速度と②タイヤの周速度の差を、駆動時には②タイヤの周速度で $((A-B)/B)$ 、制動時には①車の速度で除した比率 $((A-B)/A)$ で表され「スリップ率」と呼ぶ。

スリップ率が0%のときは車の定速走行時、ス

リップ率の大きさ-100%または+100%は、タイヤが路面に対して空転またはロックしている状態であり、通常は±5%程度の範囲で車は走行している。タイヤと路面間の摩擦係数は、乾燥路ではスリップ率が±10~20%の範囲で最大となることが知られている。そのため、現在のABSなどは、スリップ率が同範囲となるように制動制御を行っている。

以上から、乾燥路ではスリップ率が±10~20%の範囲でタイヤのグリップ力が最大となる一方で、湿潤路・雪路などでは同範囲外においてグリップ力が最大となることが十分に考えられ、適切な制御制動を行うためには、路面摩擦係数に応じて都度ABSの設定を修正していくなどの必要が生じてくる。

タイヤの変形を活用した路面摩擦係数測定方法の開発

われわれの研究室では、「タイヤのサイドウォール」「ホイール」などに生じる変形から、タイヤ接地面に作用する力を測定し、路面摩擦係数を求める方法を開発して、車の操舵制動制御に活用することを目指している。サイドウォールを例にすれば、①タイヤ周方向、②幅方向、③鉛直方向に作用する荷重に応じて、サイドウォールには変形が生じる。これらの変形を単位長さあたりの変形量である「ひずみ」として測定し、接地面の作用力との関係を求める。同関係が明らかになれば、サイドウォールに生じるひずみから路面摩擦係数を得ることができる。

以上の関係を数値化するため、われわれの研究室ではタイヤ走行模擬装置を開発した(図1)。同装置では、タイヤを回転させるとともに、上述①②③の3軸の作用力が測定可能なフォースプレートをタイヤに高荷重で押しあてることができる。さらに、フォースプレートを並進移動させることでタイヤ周

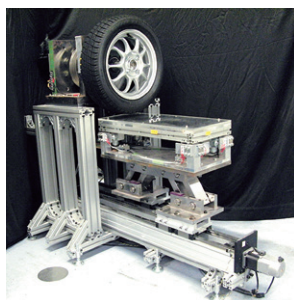


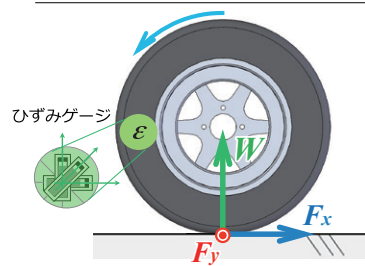
図1 タイヤ走行模擬装置

速度と接地面の速度の比を変化させてスリップ率を調整できる。また、摩擦力の方向も調整可能でコーナリング時にタイヤに作用する力の状態も模擬可能である。従来の装置の多くは、ドラム式など、曲面にタイヤを押しあてる形式が多く、また、接地面性状の変更も容易でないことから、種々の路面に対する実験が困難であったが、同装置は接地面が平面でかつさまざまな性状の表面を用いることができるため、タイヤの詳細な特性も測定可能となった。

インテリジェントタイヤによる測定結果

これまでに同装置を用いてタイヤに作用する周方向(F_x)、幅方向(F_y)、鉛直方向(W)の荷重と、ひずみ(ε)の関係を調査し、これらの関係が以下のような簡易な線形式で表されることを明らかにしている。

$$\varepsilon = k \cdot F_x + l \cdot F_y + m \cdot W \quad (k, l, m \text{は比例定数})$$



タイヤ接地面に作用する荷重により生じるサイドウォールなどのひずみ ε を測定

図2 インテリジェントタイヤ概略図

開発したインテリジェントタイヤは、タイヤ側面またはホイールに、ひずみを検知するためのひずみゲージを貼付し、得られた測定結果から上述の F_x 、 F_y 、 W を測定する(図2)。実車のタイヤで測定し

速度と接地面の速度の比を変化させてスリップ率を調整できる。また、摩擦力の方向も調整可能でコーナリング時にタイヤに作用する力の状態も模擬可能である。従来の装置の多くは、ドラム式など、曲面にタイヤを押し

同式を用いて、複数箇所のひずみの測定値から連立方程式を導き解くことにより実時間で路面摩擦係数を測定可能なことを確認している。

た結果は図3のとおり。加速時には摩擦力が進行方向に正の力で作用しており、タイヤが地面をグリップして車を進行方

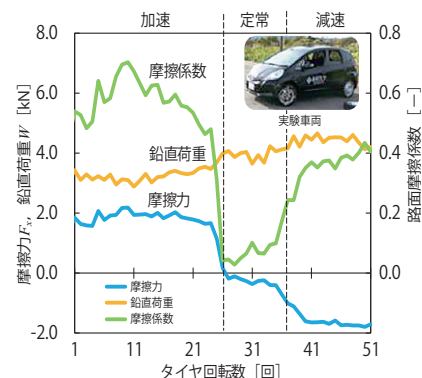


図3 実車走行実験結果

向に駆動していることがわかる。定常走行時は、摩擦力はほぼ0となり、タイヤに抵抗力が作用せず転がっている状態である。さらに、減速時には車の進行方向とは逆となる負の摩擦力が働き、車を制動しようとしていることがわかる。鉛直荷重は減速時に若干増加するが、これは慣性力の影響で車体の重心が前側に移動するためである。摩擦力の絶対値を鉛直荷重で除すことで求めた摩擦係数は、摩擦力の変化に応じて定常時には小さく、加速時、減速時に大きな値となっている。これらの結果は車両解析の結果とも適合しており、精度良く測定できていると考えられる。なお、ホイールに関しても同様な結果が得られており、耐久性・保守性などの観点からは、ホイールのほうが利用しやすいと考えている。

これまでのタイヤは、車の走行を支える主要部品として用いられてきたが、タイヤにセンサを備えることによって本研究のような路面状況の測定に加えて、タイヤそのものの劣化も検知可能となる。カーシェアなどが進む時代において、車の安全性を保つために必要な技術になり得ると期待している。

適用領域(研究キーワード)

- ◎ インテリジェントタイヤ
- ◎ 路面摩擦係数
- ◎ タイヤ、ホイール
- ◎ グリップ力、車両制御

利用が見込まれる分野

- ◎ 自動運転
- ◎ 車両制御システム
- ◎ タイヤ、ホイールの高付加価値化
- ◎ 路面検査

産業界へのメッセージ

金沢大学では高度モビリティ研究所を設立し、自動運転を中心とした先進的な車両技術を研究開発しています。「インテリジェントタイヤ」の開発には、タイヤやホイールメーカーのみならず、変形を計測するためのMEMSなどを利用したセンサの開発、無線送受信技術、車内のハーネスを利用した測定系の構築技術、安定した信号情報処理技術、さらに、得られた路面情報を用いて交通情報などに役立てる車間通信技術など、さまざまな技術有する企業の協力が必要です。四季により路面状況が刻々と変化する北陸において、路面の状況を検知して車両を操舵制動制御する技術は、より安全な「運転支援システム」や「自動運転」の実現に必要不可欠なものと考えています。産学官各方面と連携させていただきたく、ご興味のある方はご連絡をお願いします。

産学連携をお考えの方は次の担当部署までお問い合わせください。

◎北陸経済研究所 米屋 TEL: 076-433-1134
◎北陸銀行 地域創生部 山上 TEL: 076-423-7180