

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 16 日現在

機関番号：53302

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18012

研究課題名(和文) 接地路面の摩擦状態を検知するタイヤ用センサの高速摩擦時の評価

研究課題名(英文) Evaluation of the friction measurement sensor embedded in tire under high rotating speed

研究代表者

伊勢 大成 (Ise, Taisei)

金沢工業高等専門学校・機械工学科・講師

研究者番号：20734594

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：先に開発した、板状のベースと剛体棒からなる片持ち梁構造のセンサをタイヤに取り付け、高速かつ任意のスリップ率での摩擦係数測定を試みた。そのために、無線による計測系を構築し、高速かつ任意のスリップ率での摩擦実験が可能な実験装置を製作した。同装置を用いて摩擦係数測定を行なった結果、速度およびスリップ率を変化させた条件下で、タイヤ路面間の摩擦係数を測定可能であることが確認できた。

研究成果の概要(英文)：Measurement of coefficient of friction between surfaces is of interest in numerous engineering applications. In this study, a cantilever structure sensor that can measure the friction coefficient in an arbitrary slip ratio at high speed is proposed. This sensor consists of a base plate and a rigid rod. An experimental setup of a measurement system has been built, in order to measure the friction coefficient between a tire and a certain surface, where the tire rotates at high speed and with different slip ratios. It is confirmed from the experimental results that the sensor could measure the friction coefficient under conditions of various speed and slip ratio.

研究分野：工学

キーワード：インテリジェントタイヤ 路面摩擦係数 スリップ率

1. 研究開始当初の背景

近年、ABS やカメラを用いた衝突回避システムなど自動車の安全技術が広く普及しているが、現状では路面状況に応じた最適な走行制御が必ずしも行えていない。走行中に路面摩擦係数を測定できれば、最も効果的な制動・操舵などの運転支援や、危険物を察知した時の自動停止など、様々な路面状況で適切な運動制御を行える。また、道路情報の車両間共有システムと連動することで、滑りやすい路面状態に対する注意喚起も行え、交通事故防止に大きく貢献し得る。

国内外でこれまでに、タイヤ内面のひずみ分布を特殊なセンサやカメラで測定する方法、タイヤ内部に磁気センサを埋め込み変形を計測する方法などが提案されている。しかし、これらに用いるセンサは構造が複雑で付帯設備が必要な場合も多く、タイヤへの取り付けも容易でない。さらに、従来の方法は得られた測定値から路面摩擦係数を推定する必要があり、タイヤの変形と摩擦係数の非線形関係から、正確に摩擦係数の値を得ることは困難である。

そこで研究代表者は、図 1 に示すようにひずみゲージを板状のベースに剛体棒を取り付け、同棒の先端をタイヤの外側に突き出し、ゴムなどを接触部として取り付け路面に接地させ、摩擦係数を、直接、測定するセンサを先に開発した。同センサは、接触部に作用する鉛直荷重に対して凸状に、摩擦力に対して S 字状に変形する。これらの変形の組合せでベースに生ずるひずみを利用し、鉛直力、摩擦力の大きさ、さらに、摩擦力の方向を検出可能である。

同センサをタイヤに取り付け、走行模擬実験装置により摩擦係数測定を行ったところ、2.5kN の荷重下で任意方向の摩擦係数を 0.3 から 1.2 の範囲において約 0.2 の分解能で測定することを実現した。

しかし、以上の研究では、タイヤと車速の速度の比率であるスリップ率が 100% に相当する、完全すべり摩擦のみの限定的な条件であり、速度も最大 1km/h と低速で、計測系も有線によるものであった。実用化のためには無線での計測を実現し、また、タイヤがすべりながらも回転し進行する状態での摩擦係数の測定の実現が必須である。そこで、同センサの普及のため、無線による計測系を構築し、高速かつ任意のスリップ率での摩擦実験が可能な実験装置を製作し、実用時に近い条件でのセンサの精度と耐久性を評価する。



図 1 センサ構造

2. 研究の目的

同センサにより高速時の摩擦係数測定を実現するために、以下を目的とした。

(1) 無線による計測系の構築

センサを取り付けたタイヤを高速回転させる場合、無線による計測は不可欠である。本研究では、AD 変換機能をもつ無線モジュールを使用し、無線による計測系を構築する。

(2) 高速および任意のスリップ率での摩擦が可能な実験装置の製作を行い、同装置で測定法を確立する。実験装置は接地面にベルトコンベアを利用する。ベルトコンベアの手回し速度とタイヤの回転速度を調節することで、任意のスリップ率での摩擦実験を可能とする。また、ベルトの材質を変更することで、摩擦係数の異なる路面状態を再現できる。さらに、ベルトコンベアに 3 軸のロードセル機能を設けることで、タイヤに作用した負荷を測定しセンサと比較可能とする。

(3) 以上の装置とセンサを装着したタイヤを用い、従来の研究と同様にすべり状態(スリップ率 100%)での実験を行い、高速での摩擦時のセンサの出力と鉛直および摩擦荷重との関係を明らかにし、センサの耐久性等についても確認する。

次に、スリップ率が測定に及ぼす影響を確認するとともに、また、タイヤ-路面間の摩擦係数のスリップ率に対する変化を明らかにする。

さらに、開発したセンサにより、様々なスリップ率の条件においても摩擦係数が測定可能か確認する。その後、研究協力者の支援により、MEMS 技術で小型化し、センサの精度、耐久性などを高め、実車への装着を可能とすることが最終目標である。

3. 研究の方法

まず、計測系の無線化を行い、高速・任意スリップ率の摩擦が可能な実験装置を製作し、製作した実験装置を用いて実車での使用条件に相当する速度で摩擦実験を行い、高速摩擦時のセンサの精度、耐久性などを確認する。その後、同装置によりスリップ率による摩擦状態係数の変化の評価を行い、センサ実用化に向けた要点の整理と総括として以上の結果をまとめる。

(1) 無線による計測系の構築

AD 機能を有するひずみ無線送受信モジュール (イー ジー メ ュ ー : WTR-72R-2, WTR-66CS) を使用し、無線による計測系を構築した。また、バッテリーやスイッチを含むモジュールを製作し、同送信機をタイヤホイールに取付可能とした。

(2) 走行模擬実験装置の製作

センサを評価するための実験装置を図 2 に

示す。本装置は主に、タイヤ駆動部、ベルトコンベア、ロードセル、ジャッキで構成されている。当初は電動スクーターとベルトコンベアを用いることを想定していたが、無線送受信モジュールが想定より高価であったため、新規に電動スクーターを購入せず、タイヤ駆動用のモータとして研究室に保有していたものを使用した。

タイヤおよびベルトコンベアの駆動速度は周方向接線速度0~30km/hで設定可能とした。ベルトコンベアには、摩擦係数や表面あらかの異なる様々な面を設置可能とし、その基部には3軸のロードセルを設け接地面の負荷荷重を測定して、センサによる計測値との比較に用いることができる。

(3) タイヤ走行模擬装置による摩擦状態計測実験

走行模擬実験装置にセンサを装着したタイヤを取り付け、接地面に押し当てタイヤを回転させた際のセンサの出力を測定する。センサの出力とロードセルによる検出値とを比較し、摩擦係数に相当する水平荷重、鉛直荷重を求め、その各種環境、状態に対する補正方法、摩擦係数の測定精度などを検討する。

以上の実験により、まず、タイヤ周速度が30km/hまでの条件でタイヤ回転実験を行い、十分な応答性が得られていることを確認した。タイヤには複数のセンサを搭載することが望ましいが、無線送受信機が2chのみであったため、本研究ではセンサ数を1つのみとした。

センサに取り付けられたひずみゲージの出力 ϵ と、センサ接触部に作用する鉛直荷重 W ・摩擦係数 μ の関係が線形に近似でき、センサに既知の鉛直荷重・摩擦係数を加えひずみを測定することで、センサ校正を行う。

(4) スリップ率による摩擦状態係数の変化の評価

走行模擬実験装置により、スリップ率を変化させた走行模擬実験を行い、センサの出力と摩擦係数の関係を明らかにする。

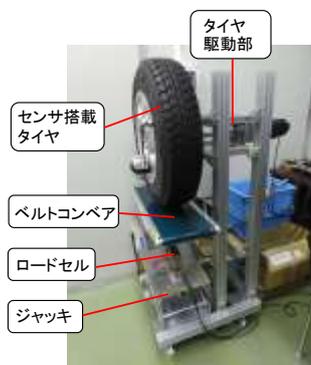


図2 走行模擬実験装置

4. 研究成果

固定平板を摩擦面として、負荷荷重100N、スリップ率100%の条件において、摩擦速度

10km/hの範囲において摩擦係数の測定が行えることを確認し、学会にて発表した。

また、低速、低負荷荷重の条件で、摩擦係数の測定精度を確認した。負荷荷重100N、速度100mm/s(0.36km/h)~1000mm/s(3.6km/h)の条件でスリップ率を2.5~30%の間で変化させて実験を行った。同実験でのロードセルおよびセンサによる摩擦係数の測定結果を図3、図4に示す。ロードセルによる測定値は、図3に示すようにスリップ率25%までは測定値が増加傾向であるが、30%では低下している。また、速度による測定値の差は小さい。

センサによる測定値は、図4よりロードセルによる測定結果と同様にスリップ率25%までは測定値が増加傾向であるが、スリップ率7.5、10、30%で測定値のばらつきが大きい。図3、4ともに、全体的にはスリップ率の上昇に応じて摩擦係数が増加していく傾向が一致しており、提案するセンサで異なる速度、スリップ率での摩擦係数を測定可能であるといえる。

上記の結果より、提案したセンサにより異なる速度、スリップ率でのタイヤ路面間の摩擦係数を測定可能であることが確認できた。

今後の課題として、より高速な条件での摩擦係数測定や、タイヤの空気圧や温度を変更するなど、多様な条件で検証が必要である。

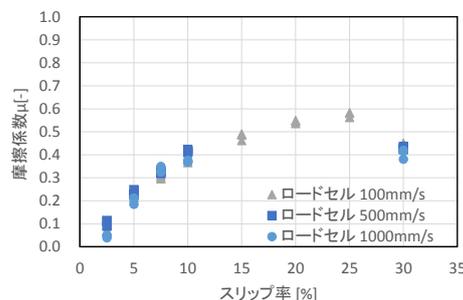


図3 ロードセル測定結果

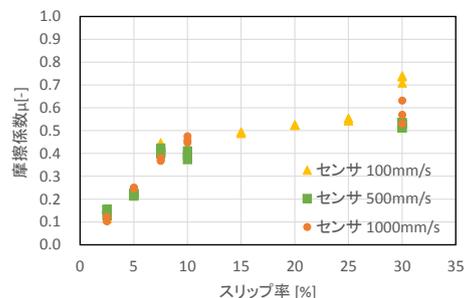


図4 センサ測定結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0件)

[学会発表] (計 1件)

伊勢大成, 古田純也, 佐藤正人, 樋口理宏,

立矢宏, インテリジェントタイヤによる摩擦
係数測定のスリップ率の影響, 2016年9月
12日, 日本機械学会 2016年度年次大会
J1630102

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

- 出願状況(計 0件)
- 取得状況(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊勢 大成 (ISE TAISEI)

金沢工業高等専門学校・機械工学科・講師

研究者番号: 20734594