

# 走行路面の摩擦状態を測定可能なタイヤ用触覚センサの研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/43788">http://hdl.handle.net/2297/43788</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



# 学位論文要旨

## Dissertation Abstract

学位請求論文 (Dissertation)

題名 (The title) 走行路面の摩擦状態を測定可能なタイヤ用触覚センサの研究

専攻 (Division) : システム創成科学専攻

学籍番号 (Student ID Number) : 1223122012

氏名 (Name) : 伊勢大成

主任指導教員氏名 (Chief Adviser) : 立矢 宏

近年、自動車の交通事故のさらなる低減が求められており、各種の自動車安全技術の開発・普及が推進されている。特に、ABS や TCS 等の車両運動制御システムの性能向上のため、道路と自動車の唯一の接点であるタイヤにセンサを組み込んだインテリジェントタイヤによる路面状態検知が注目され、広く研究・開発が行われている。

しかし、提案された多くの方法はタイヤ内面のひずみから間接的に路面摩擦状態の検知を行うものであり、タイヤ・路面間に作用する荷重を直接測定するものではなく、実際に摩擦係数を求めるまでに至った例は極めて少ない。

本博士論文では、タイヤ・路面間に作用する荷重を直接測定可能なセンサを提案し、同センサによる摩擦係数測定を目的として行った研究について記した。

第1章では、本研究の背景および既存の研究と目的を述べ、さらに、従来の研究と本研究の概要を述べる。国内における自動車事故は、自動車の安全性能の向上により発生件数、負傷者ともに年々減少傾向にあるが、さらなる低減が望まれている。現在実用化されている自動車の安全技術としては、ABS(Antilock Brake System)、TCS(Traction Control System)、ESC(Electronic Stability Control)などの車両運動制御システムがあるが、天候により刻々と変化する走行条件に応じた最適な制御が必ずしも行えていない。状況に応じて変化する路面とタイヤ間の摩擦係数をリアルタイムで直接計測できれば、制動、駆動、操舵、自動停止などのより効果的な制御が可能となる。

路面状態を検知するインテリジェントタイヤ用のシステムとしては、タイヤ内部に取り付けたカメラを用いる方法、タイヤ内部に埋め込んだ磁気センサを用いる方法、タイヤ内面にひずみ計測用のセンサを貼付する方法等により、タイヤの変形を計測する方法が提案されている。しかし、いずれの方法も摩擦係数の測定の実現には至っていない。

そこで本研究では、先に接触面形状の測定用として開発した接触センサの原理を応用し、タイヤ接地面の摩擦係数を走行時に計測することが可能なセンサを新たに提案する。また、提案するセンサを取り付けたタイヤを用いてより実用的な実験を行うために、任意方向の摩擦を負荷可能なタイヤ走行模擬実験装置の設計・製作する。さらに、同装置により複数の路面について摩

摩擦係数測定実験を行い、提案したセンサによる摩擦係数測定の有用性を確認する。

第2章では、本研究で提案する基礎的なセンサとして、摩擦状態測定用2軸方向負荷センサの概要について述べている。さらに、タイヤに取り付けた同センサの摩擦係数測定原理について説明する。また、提案するセンサを用いた摩擦係数を求めるための実験式を提案する。

提案するセンサは、ベース部とよぶ弾性板に、ウイスカ部とよぶ小径棒を片持ち梁としてベース部中央に取り付けて構成する。ベース部上面には、2枚のひずみゲージの長手方向が同一直線上かつウイスカ部に対して対称となるよう貼付する。ベース部の2枚のひずみゲージから測定したひずみの和と差が、それぞれウイスカ部に作用する鉛直荷重、摩擦力と比例することを利用し、鉛直荷重と摩擦力を2点のひずみの一次式で近似して算出する方法を提案した。

第3章では、本研究で提案する2軸方向負荷センサをタイヤに取り付け、タイヤ周方向の摩擦を負荷する実験について説明している。実験装置および実験方法を示し、同方法により摩擦実験を行った。得られた実験結果から、タイヤ接地面の摩擦係数を測定可能であることを示し、提案するセンサの有用性を示した。実験装置は、センサを装着したタイヤ、鉛直荷重負荷用のジャッキ、タイヤ回転用のモータ、タイヤに加わる負荷を測定するフォースプレートで構成され、自動車のブレーキ時におけるスリップなどを想定した、すべり摩擦状態を模擬した実験が可能である。同装置を用いて、タイヤに鉛直荷重500Nを負荷し、タイヤを1rpmで回転させ、摩擦係数を調整したフォースプレート天板表面にて回転摩擦実験を実施した。同実験により、提案するセンサで分解能0.1~0.2程度で摩擦係数を測定可能であることを示した。

第4章では、先に提案したセンサを改良した、3軸方向の負荷が測定可能なセンサを提案している。また、同センサを用いた実験および実験式の導出について説明する。3軸方向の負荷を測定可能とするため、2章で示したセンサに改良を加え、ベース部に3枚のひずみゲージを貼付したセンサを提案

する。同センサでは、摩擦の負荷方向とセンサから得られるひずみは正弦関係にあり、各ひずみゲージ出力の振幅は摩擦力と、バイアスは鉛直荷重と比例関係にあることを利用し、3つのひずみゲージ出力から、摩擦力、負荷方向、鉛直荷重を推定する実験式を提案した。

第5章では、提案するセンサを評価するための、より実用的な条件での実験が可能な新たなタイヤ走行模擬実験装置について説明する。まず、実験装置の概要を説明し、同装置を用いた実験方法について述べる。同装置は、タイヤを高トルクで回転させるためのタイヤ駆動部、タイヤに加わる3軸方向の負荷を測定するためのフォースプレート、タイヤに鉛直荷重および摩擦力を加えるための平行式負荷装置より構成される。同装置では、平行式負荷装置よりフォースプレートを上昇させ、タイヤにフォースプレート天板を押し当て鉛直荷重を負荷する。その後、タイヤを回転させると同時に平行式負荷装置によりフォースプレートを水平に駆動することで、タイヤの回転速度とフォースプレートの移動速度を調整して任意方向の摩擦を負荷する。同装置は、最大2500Nの鉛直荷重および任意方向の摩擦力を負荷可能であり、実用時のタイヤのスリップを模した条件での実験が可能である。

第6章では、タイヤの変形を考慮した摩擦係数測定方法について示している。提案する3軸方向負荷センサをタイヤに装着した際の、タイヤの変形による影響に対応した測定方法について説明する。まず、同センサの装着方法を説明し、センサ出力の補正方法について説明する。4章で提案した3軸方向負荷センサをタイヤに装着する方法は、第2章で提案したセンサと概ね同様であるが、タイヤ外周表面に位置するセンサ接触部の剛性が第2章で提案したものと異なるため、接触部を周囲のトレッドより1mm引き込んで取り付けることで、センサに過大な負荷が作用せず、適切な範囲のひずみが得られることを確認した。また、接触部を取り外して摩擦実験を行うことで、センサ取付部周囲のタイヤ内面の変形の影響がセンサ出力に影響し、センサによる荷重の測定精度が低下することが明らかとなった。同影響を低減する方法として、センサ接触部を取り外した状態でのセンサ出力をタイヤ内面の変形とみなし、同出力を予め測定しておき、通常の摩擦時のセンサ出力から差

し引く方法を提案した。その他に、単一のセンサのみで実施可能な補正方法として、タイヤ内面の変形によりセンサに作用する荷重の近似式を示し、同値を通常の摩擦時のセンサ出力から近似し、鉛直荷重、摩擦力、摩擦係数の推定値を補正する方法を提案した。

第7章では、第4章で提案したセンサおよび第5章で提案した実験装置を用いた、任意の方向の負荷に対する摩擦測定実験について説明する。得られる実験結果から任意方向の接地面の摩擦係数の測定を行い、提案するセンサの有用性を示す。摩擦係数の異なる9種類の表面に対し、鉛直荷重2500N、摩擦方向 $\theta$ は15degごとに変更し、摩擦速度30mm/sの条件でセンサを装着したタイヤに摩擦を負荷した。第6章で示した補正方法により、提案するセンサで分解能0.1~0.2程度、標準偏差最大0.06程度で任意方向の摩擦係数を推定可能であることを示した。

最後に、第8章では、結論として本研究で得られた結果を要約して述べ、本論文の総括とした。

## 学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

走行路面の摩擦状態を測定可能なタイヤ用触覚センサの研究

2. 論文提出者 (1) 所 属 システム創成科学専攻

(2) 氏 名 <sup>ふり</sup> <sup>がな</sup> <sup>いせ</sup> <sup>たいせい</sup> 伊勢 大成

3. 審査結果の要旨（600～650字）

平成27年7月29日18時より第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文および関連資料について詳細に検討した。平成27年8月3日10時からの口頭発表後、第2回学位論文審査委員会を開催し、慎重に協議の結果、以下の通り判定した。

本論文は、走行面の摩擦状態が測定可能なタイヤ用センサとして、鉛直荷重、水平荷重と、その方向が同時に測定可能な触覚センサを開発し、同センサをタイヤに取り付けて実験を行い、その有用性を検討している。まず、カンチレバーに作用する鉛直および水平方向の負荷を、カンチレバーを取り付けた平板の少数箇所のみずみから測定する触覚センサを開発している。次に、同センサを装着したタイヤを用いて実験を行うための走行模擬実験装置を開発している。さらに、同装置を用いて車両実装時を想定した高荷重下での実験を行い、タイヤが回転しながら接地する場合に作用する負荷を提案するセンサで測定し、タイヤ変形成分などの影響を考慮して路面の摩擦係数を求める方法を提案するとともに、種々の条件下で精度良く摩擦係数を測定できることを示している。

以上のように本論文は、タイヤへ装着する摩擦係数測定センサを開発し、タイヤの変形挙動を考慮した測定方法を提案しており、学術的価値ならびに工業への貢献度ともに高く、博士（工学）論文に値すると判定した。

4. 審査結果 (1) 判 定 (いずれかに○印) 合格 ・ 不合格

(2) 授与学位 博士（工学）