

氏 名 花塚 泰史

学位(専攻分野) 博士(学術)

学位記番号 総研大甲第 1598 号

学位授与の日付 平成25年3月22日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻  
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 時間整合アルゴリズムに基づくタイヤ振動解析法  
—リアルタイム路面状態判別システムの開発—

論文審査委員 主 査 教授 松井 知子  
教授 樋口 知之  
准教授 三分一 史和  
准教授 吉田 亮  
准教授 篠田 浩一 東京工業大学

## 論文内容の要旨

本論文の目的はタイヤにセンシング機能を付与し、より安全な交通社会実現に貢献することであり、具体的にはタイヤ振動情報のみで路面状態を判別する手法を開発することである。本論文は全6章からなり、各章の要旨は以下の通りである。

第1章は本論文の背景を与えた章で、自動車技術を取り巻く環境を説明するとともに、インテリジェントタイヤの概要とその重要性を述べている。第2章では先行研究について概説するとともに、その問題点を整理し、本研究の課題を明確にしている。

第3章では、本論文で扱うタイヤ振動波形の特徴を説明している。タイヤ振動の特定周波数帯には路面状態変化に応じた特徴が現れる。一方、回転にともなうタイヤの動的挙動に対応してその波形は非定常性が強いので、路面状態毎に現れる周波数的な特徴が時系列的にも変化することをFFTスペクトルの比較によって説明している。このようなタイヤ振動波形の特徴を定量化する手法として採用した、LPCケプストラム係数を使用する方法と、バンドパスフィルタを使用する手法について説明するとともに、時間整合を考慮したモデリングの必要性を述べている。

第4章では、隠れマルコフモデルによるタイヤ振動波形のモデル化と路面状態判別方法について言及している。速度によって時間伸縮するタイヤ振動波形を、left-to-rightモデルで表現し、接地面近傍の波形のモデルが無情報状態のモデルに挟まれた構造を持つ隠れマルコフモデル(HMM)ネットワークを構成している。このようなモデルを予め路面状態毎に用意し、モデルの尤度を比較することによって路面状態を判別する手法を提案している。テストコースで収録した実データを用いて認識テストを行った結果、タイヤ振動情報のみを使って従来法と同等以上の精度で判別可能であることを示している。

第5章ではサポートベクターマシンを用いた路面状態判別問題について言及している。時間伸縮するタイヤ振動波形間の類似度を測るために、Global Alignmentカーネルを適用する手法を提案している。従来法やHMMを用いた手法と同等以上の精度で判別できることに加え、タイヤサイズ変更に対して頑健な路面状態判別が高精度に行えることが実データを用いた認識テストによって検証されている。

第6章では、本論文の結論と今後の展望について述べている。

## 博士論文の審査結果の要旨

本論文では、タイヤ振動の時系列情報を入力とし、統計的機械学習を応用して路面状態を判別する新たな手法を提案した。第4章では、HMMによるタイヤ振動波形のモデル化と路面状態判別方法について論じており、従来必要であった車輪速やタイヤ走行音などの情報を不要化できる可能性について、実データを用いた認識テストによって検証している。第5章ではサポートベクターマシンを用いた路面状態判別問題について論じており、タイヤ振動情報のみで従来法と同等以上の精度で判別できること、及びタイヤサイズ変更に対し頑健であることを、実データを用いた認識テストによって検証している。既存の手法を含め、生成モデルであるHMMを用いた手法と、識別モデルであるサポートベクトルマシンを用いた手法を、実例をもって丁寧に比較検討している点が特に評価できる。走行実験現場での知識やデータ解析で得られた知見が適切に統計モデルに取り込まれている点も本論文の優れた点である。結果として、従来法よりも実用性を大きく向上させることに成功している。

このように、企業における研究開発の課題を統計科学の問題として定義し、提案した手法の有効性を実データへの応用を通して明確に示した本論文は、実務的にも学術的にも価値が十分にあると判断した。なお、本論文を構成する主な内容は、査読付き論文誌1本、査読付き国際会議録1本に採録されている。また、本論の内容の一部において特許を2件出願中である。

以上の理由により、本論文が複合科学研究科の課程博士の学位を授与するに十分な内容を有するものと判定する。