

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	自動車用ブレーキにおけるパッド ロータ間の接触問題に関する逆解析
Title(English)	
著者(和文)	井上正則
Author(English)	Masanori Inoue
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10556号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:天谷 賢治,笹島 和幸,小酒 英範,井上 裕嗣,宮崎 祐介
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10556号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	情報環境学	専攻	申請学位（専攻分野）： 博士 Academic Degree Requested	（ 工学 ） Doctor of
学生氏名： Student's Name	井上 正則		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	天谷 賢治
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

### 要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は「自動車用ブレーキにおけるパッド - ロータ間の接触問題に関する逆解析」と題し、全 6 章から構成される。

第 1 章では緒論として、自動車用ディスクブレーキの接触現象の解明において面圧分布の可視化及び摩擦材の弾性係数の定量化が重要であることを述べる。これらの物理量を非侵襲で測定するには逆問題的なアプローチが有効である。そこで、本論文では逆解析を用いたブレーキパッド摩擦材の異方性弾性係数の非侵襲同定手法及び制動中のブレーキパッド接触面圧分布の同定手法の開発に取り組むことを目的とする。

第 2 章「逆解析を用いたディスクブレーキパッド摩擦材の異方性弾性係数の非侵襲同定」では、ブレーキパッドの摩擦材の異方性弾性係数を逆解析により非侵襲で同定する手法を開発する。すなわち、ブレーキパッドを打撃して簡便に計測できる固有振動数を測定データとして用いるとともに、非線形の観測方程式の構築には有限要素解析を採用する。計算を効率化するために応答曲面法を適用する。本手法では、悪条件性の克服のためブレーキパッドに金属製ブロックを接着して構成した多様な振動系の固有振動数の情報を用いることを特徴とする。さらに、非侵襲な接着を実現する水分を用いた冷凍接着を提案し、これを実証する装置を構築した。最後に、検証実験により摩擦材の異方性弾性係数を効率的に同定し、既存研究と整合する同定が可能であることを確認した。

第 3 章「逆解析を用いた制動中のディスクブレーキパッド接触面圧分布の同定」では、制動中のブレーキパッドの接触面圧分布を逆解析により同定する手法を開発する。まず、制動中のブレーキパッドの接触面圧によるブレーキロータの微小な変形を測定データとして用いるとともに、この微小な変形を精度良く測定するために外骨格生物の触覚メカニズムを参考にした変位拡大機構を開発した。次に、観測方程式の構築のためにブレーキロータに点荷重を付加し、センサの応答を計測する実用性の高い手法を採用した。逆問題をチホノフの手法を用いて適切化した。最後に、本手法の有効性を数値シミュレーション及び実証実験にて検証し、この分野で初めて制動中の面圧分布の可視化に成功した。

第 4 章「逆解析を用いたブレーキパッド接触面圧分布の内外面個別同定」では、第 3 章で開発した逆解析を用いた制動中のディスクブレーキパッド接触面圧分布の同定手法をロータの内外面の面圧分布がそれぞれ異なる場合にも同定を可能とする手法に拡張した。まず、第 3 章で提案した手法においては内外面の接触面圧に対するセンサ出力の独立性が低いため、内外面の接触面圧分布を個別に同定することが困難であった。センサの形状の工夫及びロータの剛性操作を施した感度に方向性を持つセンサを提案し、内外面の接触面圧に対してセンサ感度の独立性が向上していることを数値シミュレーションにて確認した。最後に本手法の有効性を検証するために、数値実験により内外面の接触面圧分布を個別に精度良く同定できることを確認した。

第 5 章「ブレーキパッド接触面形状を先験情報とした接触面圧分布逆解析の適切化」では、第 4 章で開発した接触面圧分布の内外面個別同定手法に対し、新たな適切化手法を適用することにより同定精度を向上する。すなわち、ブレーキパッドの形状をあらかじめ知ることが可能である点及びブレーキパッドの接触領域では面圧分布が滑らかである点に着目し、これらを先験情報として用いることを提案する。ブレーキパッドの形状を接触面圧分布関数のサポートとし、サポート領域内で面圧分布を提示のフーリエ級数で表現することにより、この先験情報を合理的に取り入れた。最後に先験情報の適用の効果を確認するために、未知数の多い解像度の高い逆問題に対し数値実験により検証を行った。

第 6 章「結論」では逆問題的アプローチにより自動車用ディスクブレーキのパッド - ロータ間の接触問題に関する主に 2 つの逆解析手法を開発し、その有効性を検証したことをまとめ今後の展望を示した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	情報環境学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	井上 正則		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	天谷 賢治	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Contact problem of the disc brake is important for designing the brake caliper. Contact situation, such as contact pressure and contact stiffness are thought to affect the occurrence of NVH issues. NVH issues such as brake squeal and brake judder are the one of the main factor to increase development cost and duration. However, generally contact situation during braking of the brake is difficult to observe directly. Indirect observation method of contact situation is needed.

In this research, identification methods for anisotropic elastic constants of brake linings and contact pressure distribution are developed using inverse analysis. Inverse analysis is effective method for indirect and in-situ identification.

Identification method for anisotropic elastic constants of brake linings is developed using measured eigenfrequencies of the brake pad. During measurement, several constraints are applied to the brake pad in order to overcome ill-posedness of this problem. In addition, a novel bonding technique using ice is developed in order to constrain the pad to the metal block without any destruction. Non-linear observation equation is built with finite element analysis. Verification tests are performed and results are well correlated to results of conventional method.

Identification method for contact pressure distribution between pads and the rotor is developed using measured minute rotor deformation caused by contact pressure. Rotor deformation is thought to be minute, a novel sensor based on the tactile organ of the crab is developed in order to magnify rotor deformation. Observation equation is constructed with measured point load response function in order to reduce the modeling error. This inverse problem is regularized with Tikhonov regularization. Effectiveness of the proposed method is confirmed with numerical and actual experiments. We succeeded in visualizing of contact pressure distribution during braking for the first time in this field.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).