

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	ガラスレンズとPDMS間の接触における凝着ヒステリシスのメカニズムに関する考察
Title(English)	
著者(和文)	白斗永
Author(English)	Dooyoung Baek
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10490号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 邦夫,京極 啓史,秋田 大輔,佐藤 千明,齋藤 滋規
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10490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	国際開発工学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	白 斗永		指導教員 (主)： Academic Advisor(main) 高橋 邦夫
			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「ガラスレンズと PDMS 間の接触における凝着ヒステリシスのメカニズムに関する考察」と題し、凝着プロセスにおけるエネルギー散逸を導出してそれを評価することにより凝着ヒステリシスのメカニズムを調べる流れとして全6章より構成されている。

第1章「序論」では、先ず、凝着現象を利用したデバイスが注目される背景とそのデバイスの設計には凝着ヒステリシスを含むフォースカーブの予測が必須であることを述べている。また、その予測のためには凝着ヒステリシスのメカニズムの理解が重要であるものの、理論的な検討がなされていない現状を指摘している。そして、本研究の目的が、凝着ヒステリシスのメカニズムの解明を念頭において、弾性体と近似できる polydimethylsiloxane (PDMS) と剛体と近似できるガラスレンズの界面で観察されるヒステリシス現象を理論的に解釈する試みであると述べ、本論文の構成を説明している。

第2章「凝着ヒステリシスを評価するための弾性接触理論」では、凝着ヒステリシスのメカニズムを明らかにする際に最大のヒントとなる散逸エネルギーを実験的に求めるための理論を説明している。回転対称な放物面を持つ剛体を半無限弾性平面に押しつけ引き離す凝着 (接触) プロセスを想定し、エネルギー平衡状態が達成されていない非平衡状態で、押しつけと引き離しが行われると仮定している。この仮定により散逸エネルギーの発生要因が接触界面におけるエネルギーの自発的な緩和現象に限定され、この仮定から導かれる接触面に加わる力の関係を実験的に確認しつつ全エネルギーの変化を導出することで散逸エネルギーが評価できることを述べている。

第3章「凝着仕事と弾性率の推定方法の提案」では、前章で述べたモデルにおいて、物性値として用いられている凝着仕事と弾性率を実験的に推定する方法を提案している。実際の凝着プロセスにおいてはエネルギー平衡が達成されていないが、接触面積の増加する状態から減少する状態に転じる瞬間、接触系の全エネルギーが平衡状態を通過することから凝着仕事の推定方法を提案し、凝着プロセスにおける、変位、力、接触径の同時計測と理論式を用いることから弾性率の推定方法を提案している。結果として、全ての測定値において整合性のある弾性率と凝着仕事が推定できることを示している。また、従来の凝着仕事と弾性率の推定方法の矛盾と限界を指摘し、両者による推定結果を比較し、提案手法の有効性を議論している。

第4章「エネルギー散逸の評価」では、先ず、実際のガラスレンズと PDMS 間の凝着プロセスにおいて、上述のモデルと推定方法で矛盾なく凝着現象が説明できていることを示している。次に、凝着プロセスにおいて外部から与えられた仕事が弾性体の歪エネルギー、計測系の剛性に起因する弾性エネルギー、および凝着仕事に起因する内部エネルギーの間で分配され、各エネルギー間でエネルギーの授受が行われながら凝着プロセスが進行する全エネルギーの変化の様子を導出して説明している。そして、全エネルギーの自発的な緩和分が散逸としてカウントされることから、散逸エネルギーを導出しその変化が接触半径に常に比例する特性を示すことを発見している。

第5章「凝着プロセスの予測可能性」では、前章における発見が凝着ヒステリシスのメカニズムを明らかにする上で大きなヒントになるもののメカニズムの断定には至れないことを踏まえ、その特性を記述する1つのパラメーターの導入により凝着プロセスを予測できることを示している。本論文では、そのパラメーターを、その次元を考慮して散逸力と名付けている。さらに、凝着プロセスにおける非平衡状態から平衡状態へ変化する系のエネルギー自発的な緩和過程において、接触系を増加させながら緩和する場合と減少させながら緩和する場合で散逸力が異なり、減少させながら緩和する場合には散逸力が最大押し込み量に依存することを示唆している。

第6章「結論」では、各章で得られた結論を総括している。

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： 国際開発工学 専攻  
Department of  
学生氏名： 白 斗永  
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員(主)： 高橋 邦夫  
Academic Advisor(main)  
指導教員(副)：  
Academic Advisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)  
Thesis Summary (approx.300 English Words )

The mechanism of adhesion hysteresis has been studied in the adhesive elastic contact using the glass lens and the polydimethylsiloxane (PDMS) block. Adhesion hysteresis is an irreversible phenomenon observed in the actual contact process of loading and unloading. The irreversibility is involved in the energy dissipation during the process. In this thesis, the energy dissipation has been evaluated for clarifying the hysteresis mechanism.

In the adhesive elastic contact theory, the spontaneous process of the total energy release induced by a time-dependent interfacial phenomenon has been assumed. The normal force applied in the contact area has been obtained as a function of the contact area and the gross displacement. The total energy in the contact system also has been obtained, and it has been suggested that the energy dissipation can be evaluated by summing the entire amount of the released energy.

For calculating the total energy, the work of adhesion and the elastic modulus must be estimated. Since the conventional estimation method assumes the equilibrium contact process, a novel estimation method considering the non-equilibrium contact process has been proposed. The consistency of the proposed method has been tested within the contact experiments between the glass lens and the PDMS block. In various contact speeds and maximum displacements of the experiments, the constant elastic modulus and the reasonable work of adhesion have been estimated.

From the above approaches, the energy dissipation during the process has been evaluated, and it has been found that the total energy is dissipated linearly proportional to advancing and receding of the contact radius. Since the gradient of the energy dissipation named to the dissipative force has been approximated to have a constant value in each processes, the predictability of the adhesion process has been suggested. The fact represents that the dissipative force would be a key factor related to clarify the mechanism of adhesion hysteresis.

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).