

## 個人情報

土井正男

2012年9月5日

### 1. 所属学会

日本物理学会 高分子学会 日本レオロジー学会  
米国物理学会 イギリス物理学会 (IOP)

### 2. 非常勤講師 (2005年以後)

2012年 東京大学 物理工学専攻 ソフトマター科学  
2012年 慶応大学 物理学科 粘着テープの中の物理  
2010年 京都大学 物理学専攻 ソフトマターダイナミクスの変分原理  
2009年 九州大学 物理学専攻 ソフトマターの非平衡現象の変分原理  
2009年 鳥取大学 応用数理工学科 Pythonによるプログラミング  
2007年 東京大学 物理学専攻 ゼルとゲル  
2007年 首都大学東京 化学科  
2007年 東北大学 物理学専攻 Gel dynamics  
2007年 千葉大学 物理学科 ソフトマターの非平衡現象  
2006年 お茶の水大学 物理学科 ソフトマターのレオロジー  
2005年 山形大学 高分子工学専攻 ゲルダイナミクス

### 3. 役職

日本レオロジー学会会長 (2001年度—2012年度)  
日本学術会議連携会員 (2004年—2014年)  
産総研ナノシステム評価委員(2010年— )  
山形大学特別招聘教授(2012年度—2014年度)  
Member of external reviewers, Physics, Quality Assurance Netherlands Universities(2011)  
Jury member of Loreal Unesco Awards (2006, 2008)  
Member of Advisory Board, Max Planck Institute, Mainz (2001-2011)

### 4. 受賞

高分子学会賞(1982), レオロジー学会有功賞(1983), 日本IBM科学賞(1988)  
日本レオロジー学会賞(2003), 紫綬褒章(2010), 高分子学会功績賞(2012)  
Honorary Doctor Katholic University Leuven, Belgium (1982)  
Polymer Prize, American Physical Society (2001)  
Bigham Medal, The Society of Rheology (2001)  
Honorary Fellow, Institute of Physics (2005)

### 5. 最近の主な講演

- Onsager's variational principle on soft matter rheology, Plenary lecture at International Congress of Rheology, Lisbon, Portugal, 2012/08/09
- 高分子界面のレオロジー—高分子の粘着と摩擦—高分子夏期大学 琵琶湖ホテル, 12/07/20
- たたかう高分子物理学 高分子学会設立 60周年記念講演 パシフィコ横浜, 2012/05/28
- Rheology, History and Modern Challenges, Public lecture for at BUAA, Beijing, China 2012/05/24
- OCTA: オープンな計算科学ツールを目指して 土井正男 第4回 CMSI 産官学連続研究会 秋葉原 2012/05/08
- 高分子レオロジーの基礎 土井正男 高分子学会 Webinar 講演 2011/11/09
- 界面レオロジーと粘着 土井正男 日本粘着テープ工業会粘着技術研究会 すみだ産業会館 2011/10/27
- ゴムと基板の粘着・剥離・摩擦 土井正男 2011年度ゴム協会年次大会特別講演 東京理科大学 2011/05/30

## 研究成果

土井正男

### (1)粘着性ゴムの接触・剥離過程の研究

粘着性の高分子ゴムと基板の接触・剥離過程を調べるため、直径 0.8mm ほどの軟らかなポリディメチルシロキサン(ヤング率 0.06MPa)の球形ゴムをガラス基板に押し付けたときの、力と球の変形を同時測定する装置を開発した。球を一定速度で基板に押し付け、引き離すというサイクルを繰り返す実験を行なった。その結果、①力と変位の関係はループを描くヒステリシス曲線となるが、曲線の形はサイクルによって変わらない、②力と変位の関係は界面エネルギーが接触線の速度に依存するという拡張 JKR 理論で良く説明できる、ということが分かった。このことは、この系において、系のエネルギー散逸はほとんど接触線近傍で起こっていることを意味している。この関係を定量的に表すことにより、この系の接触線運動を記述する方程式を得ることに成功した。また、実験と平行して、同じ過程を粗視化分子動力学によってシミュレーションし、実験と定性的に一致する結果を得ている。

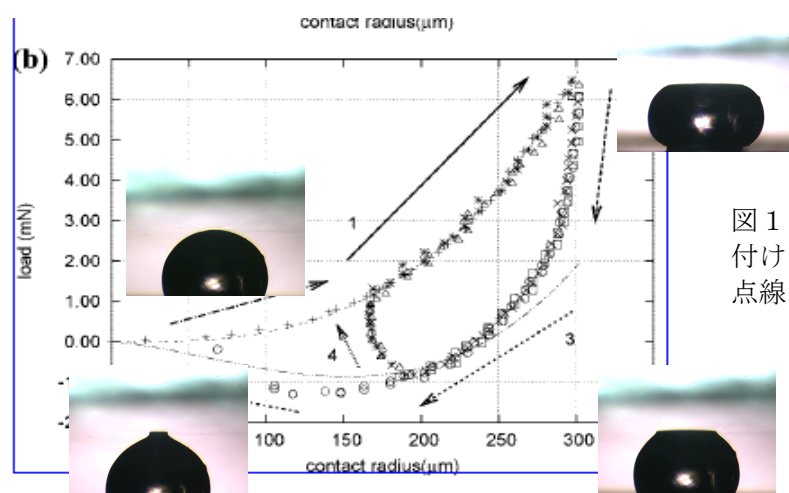


図1 粘着性の球形ゴムを基板に押し付けた時の変位と力。記号は実測値、点線は拡張 JKR 理論の結果

- (1)Yoshiro Morishita, Hiroshi Morita, Daisaku Kaneko, Masao Doi Langmuir 24. 14059-14065 (2008).  
(2)Yoshihiro Morishita, Hiroshi Morita, Masao Doi, J. Phys. Soc., Jpn, 78 114802 1-6 (2009)

### (2)すべり摩擦における粘着・剥離過程の研究

粘着性の高分子ゴムが基板上を滑る時には、全体が一様に滑るのではなく、ゴムと基板の界面の一部が剥離し、剥離領域が界面上を動くことによって進行することが知られている。この現象は、地震発生メカニズムとも関係しており、地震学の観点からも興味をもたれている。我々は、シリコンゴムを用いて、剥離領域の運動観察とすべり速度、摩擦力の関係を調べる装置を作成し、実験を行なった。すべり速度が大きな時には周期的なシャルマック波が見られるがすべり速度を小さくすると、剥離領域の進展は間歇的になることを見出した。摩擦力の変動は地震で知られているグーテンベルグ-リヒター則に従っており、地震現象との関連を強く示唆するものとなった。また画像解析により、すべり面内における歪み分布の空間変化を求めることにも成功した。

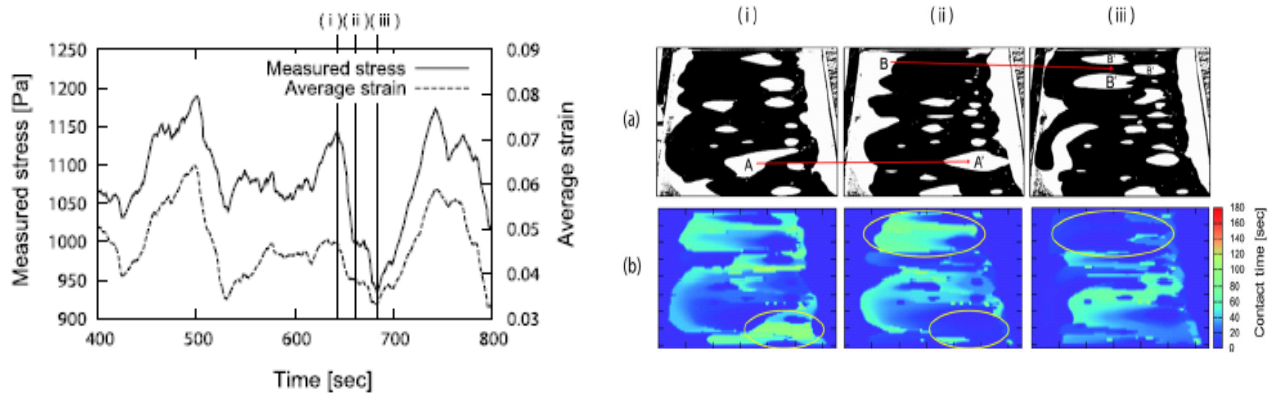


図2、左：粘着性のゴムを基板に対してすべらせた時の摩擦力の時間変化  
 右：(a)剥離領域(白い部分)の時間変化 (b)歪みの空間分布の時間変化

- (1) Tetsuo Yamaguchi, Satoshi Ohmata, Masao Doi: J. Phys. Condens. Matter. 21, 205105 1-7 (2009)  
 (2) Masatoshi Morishita, Masaru Kobayashi, Tetsuo Yamaguchi, and Masao Doi J. Phys. Condens. Matter 22 365104 1-6 (2010) (3) T. Yamaguchi, M. Morishita, M. Doi, T. Hori, H. Sakaguchi, J. P. Ampuero J. Geophys. Res. 116 B12306 1-8 (2011)

### (3) 両面テープの剥離におけるメソスケール構造ダイナミクス

両面テープとは、中芯と呼ばれる弾性フィルムの両側に2つの粘着剤層を張り合わせたものである。同質の基板を両面テープで接着し、基板を平行に保ったまま引き離すと、基板と中芯をくっつけている粘着剤層が伸び、フィブリルが形成される。このときのフィブリル形成が、上下の粘着剤層で対称に起こるか、非対称に起こるかによって、剥離特性が大きく異なってくる。我々はこの現象を観察する装置を作成し、剥離の初期では、上下の面での非対称な剥離がおき、後期になって対象な剥離に移移することを見出した。この転移においては、粘着剤のレオロジー特性と共に、中芯の弾性が大きく寄与していることが分かった。

- (1) Tetsuo Yamaguchi, Hiroyuki Muroo, Yutaka Sumino, and Masao Doi, Phys. Rev. E 85, 061802 1-6 (2012)

### (4) 粘弾性流体における粘着・剥離現象の観察

CTAB・NaSal水溶液は、水中でひも状ミセル構造を形成し、理想的な粘弾性流体としての性質を示すことが知られている。本研究では、粘弾性流体における粘着・剥離現象として、CTAB・NaSal水溶液を用いた回転円筒体内部での転がり挙動の観察を行なった。その結果、サンプルのバルクの粘弾性の影響により本来ならばディップコーティングに適した高速壁面速度条件下でコーティングが失敗することが見出された。また、実験の結果から類推することでサンプルによってはディップコーティングが不可能な条件が存在することを見出した。以上に加え、粘弾性流体の転落挙動を観察することで、転落時のサンプルの先端部分、すなわち前進接触線が振動を示すことが見出された。これは、粘弾性流体の強制濡れを考える上で前進接触角が重要な働きを示すことを示唆した結果となっている。

- (1) Y. Sumino, H. Shibayama, T. Yamaguchi, T. Kajiya and M. Doi Phys. Rev. E 85 046307 1-6 (2012)