

自己評価報告書

平成23年 4月 18日現在

機関番号：12611

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2012

課題番号：20340110

研究課題名（和文） 印象派の精神に基づく濡れ現象と破壊現象の研究

研究課題名（英文） Studies on wetting and fracture based on the spirit of impressionistic physics

研究代表者

奥村 剛（ OKUMURA KO ）

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授

研究者番号：80271500

研究分野： ソフトマター物理学

科研費の分科・細目：生物物理・化学物理

キーワード： ソフトマター物理学、印象派物理学、濡れ、表面張力、破壊力学、複合材料

1. 研究計画の概要

ソフトマターの先駆的研究でノーベル物理学賞を受賞した故 de Gennes 教授は、枝葉末節に目をつぶる独特の手法により、様々なテーマの研究を行い、シンプルな物理的本質を鮮やかにえぐりだした。そして、この研究手法を絵画における印象派主義にたとえ、物理学における印象派の精神を提唱した。本研究は、この精神に基づき、2次元バブルなどの濡れ・表面張力現象と、ソフトフォーム固体（クッション材）などの構造を持つ物質の破壊・強度について研究し、化学工業や製品開発現場にも成果を還元できるようなシンプルで直感的な理解を得ることを目指す。

2. 研究の進捗状況

(1) 概観

濡れと破壊の研究が双方とも格段に進み、その結果、濡れの最新論文は Proc. Nat. Acad. Sci. (USA) に掲載され、破壊の最新論文も Phys. Rev. Lett. に掲載され、さらに Nature Materials 誌において大きく取り上げられた。濡れの研究からの自然な拡張として粉粒体の研究も開始し、国内外で注目されつつある。これらの研究を通して、印象派の精神に基づくシンプルで明快な理解の例を次々と得ており、周辺分野にも影響を与えつつある。このことは招待・依頼講演の増加にも表れている。

(2) 破壊の研究

真珠層は、真珠の美しさの源であるだけでなく、力学強度にも貢献している。本代表者はドゥジェンヌ教授とともに真珠層の強靱性を解明した。本研究ではこの研究をベースとして以下の研究を行ってきた。

①「真珠層モデルの破壊に関する新解析解の

発見。Phys. Rev. E 誌等にて発表。

②「真珠層の2次元ネットワークのシミュレーション。①の解析理論の物理的意味を解明。Phys. Rev. E 誌にて発表。

③「真珠層の研究②をベースにクモの巣のシミュレーションモデルを構築。縦糸と横糸の強さの差がクモの巣の力学的適応性を高めていることを解明。Phys. Rev. Lett. 誌にて発表。

④「その他、モデルの非線形化の検討、シート状物質の破壊エネルギーの実験研究も模索してきている。

(3) 濡れの研究

Phys. Rev. E 誌 Rapid Communication にて発表した、二次元バブルの動力学の研究をベースとして次のような研究を進展させてきた。

① 擬2次元空間においてオリーブオイルに囲まれた水溶性液体の滴の融合の動力学の解明。Phys. Rev. E 誌 Rapid Communication にて発表。

② 擬2次元空間においてシリコンオイルに囲まれた水溶性液体の滴の融合の解明。Proc. Nat. Acad. Sci. (USA) にて発表。

③ 擬2次元空間において流体液滴が受ける抵抗法則の確立。Soft Matter 誌で発表。

④ 上記④を応用し、擬2次元粉粒体媒質での引きずり抵抗法則を確立。EPL(Europhys. Lett.) 発表。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

本研究費を受給して以来、常にレベルの高い国際学術誌での論文発表を重ねている。Proc. Nat. Acad. Sci. (USA) や Phys. Rev. Lett. などの極めてインパクトの高い雑誌への掲載、

Nature Materials 誌における研究の紹介、Phys. Rev. E 誌 Rapid Communication への採択などは顕著な結果を象徴している。招待講演、依頼講演も数多く行っている。これらは、当初の計画を上回る格段の進展である。

4. 今後の研究の推進方策

濡れ現象、特に滴の研究については世界のトップグループとして認識されつつあり、滴の融合に関係する研究をさらに進めていく。濡れに関しては浸透現象など他の問題にも研究の幅を広げていく。濡れの研究から発展してきた粉粒体の研究にも積極的に取り組む。破壊については線形モデルの解析解の研究を進める。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

9 件は全て査読有の有名国際学術誌

- ① Ayako ERI and Ko OKUMURA, Viscous drag friction acting on a fluid drop confined in between two plates, Soft Matter, accepted and in press.
- ② Maria YOKOTA and Ko OKUMURA, Dimensional crossover in the coalescence dynamics of viscous drops confined in between two plates, Proc. Nat. Acad. Sci. (USA), accepted and in press.
- ③ Yuka TAKEHARA, Sachika FUJIMOTO and Ko OKUMURA, High velocity drag friction in dense granular media, EPL (Europhys. Lett.), 92, 44003 (2010).
- ④ Ayako ERI and Ko OKUMURA, Bursting of a thin film in a confined geometry: Rimless and constant-velocity dewetting, Phys. Rev. E Rapid Communication, 82, 030601 (2010).
- ⑤ Yuko AOYANAGI and Ko OKUMURA, A simple model for the mechanics of spider webs, Phys. Rev. Lett. 104, 038102 (2010). PDF inside only; featured in, Philip Ball, Web designers, Nature Materials 9, 190 (2010).
- ⑥ Yuko AOYANAGI and Ko OKUMURA, Stress and displacement around a crack in layered network systems mimicking nacre, Phys. Rev. E 79 (2009) 066108.
- ⑦ Yukari Hamamoto and Ko OKUMURA, Analytical solution to a fracture problem in a tough layered structure, Phys. Rev. E 78 (2008) 026118-1--5.

[学会発表] (計 43 件)

物理学会における講演：H22 年度 11 件、H21 年度 8 件、H20 年度 5 件、計 24 件

国内招待・依頼講演：H22 年 4 件、H21 年 5 件、H20 年 2 件、計 11 件

国際招待・依頼講演：2011 年 4 件、2010 年 2 件、2009 年 2 件、計 8 件

- ① Invited Talk, Ko OKUMURA, Bubbles and drops, parabolic-flight experiments and other research interests PolaDrop topical team meeting March 8, 2011, ESA Headquarter, Paris
- ② Invited Talk, Ko OKUMURA, Drops and bubbles, spider webs, granular materials, and parabolic-flight experiments FOAM-C instrument utilization meeting 17 -- 18 February 2011, ESA Headquarter, Paris
- ③ Invited Talk, Ko OKUMURA, Wetting on artificial lotus surfaces 11th International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-11) 25 -- 28 January 2011, Nagoya, Japan
- ④ Invited Plenary Talk, Ko Okumura, Toughness of soft-hard composites and Wetting on Textured Substrates the Spring annual meeting of the Materials Research Society of Korea (MRS-K) May 13-14(13) 2010, Palace Hotel in Samcheok City, Korea
- ⑤ 招待講演, 奥村剛, 天然物質の強靱性：硬・柔組み合わせの妙－真珠層とクモの巣を例として第 6 回 LSW シンポジウム 北海道大学百年記念会館 ソフト&ウエットマターのデザイン－新素材から生物まで－北海道大学百年記念会館 2011/1/7
- ⑥ 依頼講演, 奥村剛天然物質の強靱性：硬・柔組み合わせの妙－真珠層とクモの巣を例として バイオミネラルゼーション研究会 バイオミネラルゼミ 東京大学 (本郷) 2010/9/27
- ⑦ 依頼講演, 奥村剛テスクチャー表面の濡れ (社) 表面技術協会 第 37 回『ナノテク部会』研究会 ～ナノスケール汚れと洗浄の基礎科学～東京理科大学森戸記念館第 2 フォーラム (神楽坂) 2010/7/29

[その他] ホームページ

<http://www.phys.ocha.ac.jp/okumuralab/h16/>