

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2006～2009
課題番号：18540381
研究課題名（和文） 摩擦の物理

研究課題名（英文） Physics of Friction

研究代表者

松川 宏(MATSUKAWA HIROSHI)
青山学院大学・理工学部・教授
研究者番号：20192750

研究分野：物性理論・実験

科研費の分科・細目：(分野) 数物系科学 (分科) 数理物理・物性基礎

キーワード：ナノトライボロジー、走査プローブ顕微鏡、トライボロジー、
ナノチューブ・フラーレン、表面・界面物性、地震、粉体、摩擦、潤滑

1. 研究計画の概要

乱れない結晶表面の摩擦、同様の結晶表面間に潤滑剤を導入した系の摩擦を原子的モデルに基づきその振る舞いを明らかにする。マクロ系の摩擦を有効モデルに基づき解析する。この有効モデルを原子的モデルから基礎付け、ミクロレベルからマクロな摩擦の機構を解明する。様々な摩擦系を統一的観点から調べ、摩擦の普遍性と個性を明らかにする。

2. 研究の進捗状況

(1) 乱れない結晶表面上の吸着原子膜、原子クラスターの摩擦を数値実験により調べ、特異な動的相転移およびそれに付随する動的臨界現象を発見した。マクロな摩擦系として地震のモデルであるスプリング-ブロックモデルを調べた。

(2) この系での地震（スリップ）の頻度分布は冪乗則に従うことが知られているが、その成立範囲は系の大きさに強く依存することを見いだした。

(3) 狭い領域に閉じこめられた潤滑剤の摩擦の数値実験

機械は精密になるほどその摺動面間の間隔は狭まり、そこに入る潤滑剤も薄くなる。潤滑剤層が10分子層程度以下となると層状構造を作り、さらに5分子層程度以下になるとバルクの融点より高温でも、狭い領域に閉じ込められたことと、基盤がもたらす周期ポテンシャルの影響により、固化することが知られている。我々はこのような狭い領域に閉じ込められた潤滑剤の摩擦を2, 3次元のモ

デルに基づき分子動力学法により調べた。そして潤滑剤分子と基盤間の相互作用の強さを変えると摩擦力が不連続に変化することがわかった。これは潤滑剤層の構造変化によるものである。

(4) グラファイト基盤間のフラーレンの運動の数値実験

グラファイト基盤間にフラーレンの単分子層を挿入した系では最大静摩擦力こそ有限となるものの平均の動摩擦力が0となる、すなわち散逸が無いことが実験で報告されている。この振る舞いの機構を明らかにするため、我々はグラファイト基盤間のフラーレンの運動をシミュレートした。その結果、平均の動摩擦力として、実験結果と矛盾しない結果をえた。この場合、系はスティック・スリップ運動を示し、摩擦力は時間とともに周期的に変化するが、そのプロファイルは実験と異なる。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由) 乱れない結晶表面間に潤滑剤を導入した系の摩擦については、結晶と潤滑剤分子間の相互作用の強さに摩擦が非単調に依存することを見いだした。C60を結晶表面間に導入した系の摩擦、およびマクロな摩擦系である基盤間に粉体を導入した系の摩擦についても新たな知見を得た。

4. 今後の研究の推進方策

基盤間に粉体を導入した系の摩擦に着いては、実験も開始している。この系および結晶表面間に潤滑剤を導入した系は介在物のある摩擦系の一種であるが、これらの総合的研究により、それらの普遍性と個性を今後、明らかにしていく。

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 4 件)

① H. Matsukawa, K. Haraguchi and S. Ozaki: "Numerical study of friction of flake and adsorbed monolayer on atomically clean substrate.", Proc. of International Conference on Science of Friction, 9-13 Sep. 2007, Irigo, Japan, J. of Physics: Conference Series, Vol.89, 012007, p.1-9 (2007).

② T. Saito and H. Matsukawa: "Size dependence of the Burridge-Knopoff model.", Proc. of International Conference on Science of Friction, 9-13 Sep. 2007, Irigo, Japan, J. of Physics: Conference Series, Vol.89, 012016, p.1-7 (2007)

③ H. Yoshino, H. Matsukawa, S. Yukawa and H. Kawamura: "Non-linear rheology of layered systems—a phase model approach.", Proc. of International Conference on Science of Friction, 9-13 Sep. 2007, Irigo, Japan, J. of Physics: Conference Series, Vol.89, 012014, p.1-10 (2007)

[学会発表] (計 15 件)

① 松川宏: “マクロスケールから巨大スケールの摩擦：紙、岩石から地震へ”、第28回表面科学学術講演会、2008.11.13、早稲田大学

② 松川宏: “摩擦の理論”、日本応用物理学会シンポジウム「トライボロジー研究の最前線 -摩擦の物理と応用-、2008.09.02、中部大学

[図書] (計 1 件)

① 培風館より「非線形科学シリーズ：滑りと摩擦の科学」を出版予定

[その他]