

真実接触点のその場観察について

佐藤 隆昭・藤田 博之

東京大学 生産技術研究所 ☎ 153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

(2016年11月7日受付; 2017年1月9日掲載決定)

In situ Observation of Actual Contact Area

Takaaki SATO and Hiroyuki FUJITA

The University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8505

(Received November 7, 2016; Accepted January 9, 2017)

The real time observation of nanoscale deformation is a significant step toward understanding the mechanisms of friction, wear and lubrication. Our experimental system of a micromachine combined with a TEM enabled us to measure the deformation, force and actual contact area of a single Ag and Fe asperity. The experimental results provided insight into one of the parameters that determines the frictional coefficient. Furthermore, we demonstrated that the energy loss associated with a separation event is correlated with the increase in total surface energy of the two surfaces formed here after the separation of the nano-contact.

KEYWORDS : *in situ* observation, actual contact area, TEM, MEMS

1. はじめに

近年の微細加工技術の発展に伴って、センサーやアクチュエータを小さな素子に集積できる技術が開発された。すると、今までに設置できなかった電子顕微鏡の内部にセンサーやアクチュエータを設置できるようになり、その結果として真実接触面をナノスケールでリアルタイムに観察できるようになった。真実接触面は、摩擦の起源を知る上できわめて重要なパラメータである。そこで、現代までどのようにして真実接触面の観察が重要になったか、また最近ではどのような技術が開発されているかを紹介する。そして、マイクロマシン (MEMS) と透過型電子顕微鏡 (TEM) を組み合わせた実験系を組み合わせることで、真実接触面を横から観察しながら摩擦係数を計測できる実験系を開発したので、本稿ではその実験系と実験結果を説明する。

摩擦を低減するための問題はきわめて古く、古代エジプトの時代にまでさかのぼる。古代エジプト時代の壁画には、ピラミッドの建設に必要な巨大な石像を運ぶため

に、その先端部分から摩擦を提言させるために油をさしている様子が描かれている。こうした摩擦や磨耗を提言する工夫はなされてきたが、21世紀になった今でも、発電所のタービン、自動車の駆動部、HDD、マイクロマシンなど、ありとあらゆる場面で摩擦が大きな問題になっている。

摩擦、潤滑、磨耗について理解しようとした科学の歴史の起源も古く、それはレオナルド・ダ・ビンチの時代になる。ダ・ビンチは、物体を縦にした場合の摩擦力と、その物体を横にした場合の摩擦力は同じであるということを示唆したメモを残している。

アモントン、アモントン・クーロンの法則として、アモントン・クーロンの法則とし、ダ・ビンチの摩擦の法則を定量的に扱うことに成功している。また、アモントンは摩擦力が荷重に比例する機構として、凹凸説も提案した。凹凸説によれば、接触界面には無数の突起があり、摩擦力は上側の面にある突起が、下側の面の突起を登る力に相当しているとする。しかし摩擦力が突起を登る力だとするならば、一つの突起が登っている間に別の場所で突起は降っていることになるため、摩擦によるエネルギー損失の総和はゼロということになってしま