

垂直配向単層カーボンナノチューブの摩擦特性

Frictional Properties of Vertically-Aligned Single-Walled Carbon Nanotubes

洗足学園高校¹, 東理大理² 福田美実¹, 井上枝実², 四本松康太², 清水麻希², ○本間芳和²

Senzoku High School¹, Tokyo Univ. of Science²

Minori Fukuda¹, Emi Inoue², Kota Shihommatsu², Maki Shimizu², °Yoshikazu Homma²

E-mail: homma@rs.tus.ac.jp

ナノカーボン材料の摩擦特性は、従来の摩擦理論との比較から注目されている。これまで、垂直配向 (VA) カーボンナノチューブ (CNT) の摩擦特性に関し、多層 CNT を用いた研究がなされており、最大静止摩擦係数は 1 程度の大きな値をもち、CNT の座屈による非線形な弾性特性を示すことが報告されている。しかし、多層 CNT よりも柔軟な単層 CNT (SWCNT) については報告がなかった。そこで、本研究では、VA-SWCNT の摩擦特性を、その形態との関係に着目して調べた。

Co および Fe を触媒として、それぞれエタノール、アセチレンを原料に用いて化学気相成長法により VA-SWCNT を基板上に合成した。ともに直径 5 nm 程度の太めの SWCNT が成長し、VA-SWCNT の平均的な高さは 100~500 μm であったが、Fe 触媒の場合 (Fe-CNT) は先端が枝分かれしており隙間の多い構造であったのに対し、Co 触媒では (Co-CNT)、長さが揃っており比較的滑らかな表面を有していた。これらの VA-SWCNT を基板ごと逆さまに熱酸化シリコン基板 (酸化膜厚 100 nm) に載せて、滑り出したときの最大静止摩擦力を、垂直荷重を変化させて測定した。

Fe-CNT および Co-CNT について摩擦力の垂直抗力依存性を Fig. 1(a)に示す。これらは、それぞれ 3, 4 個の試料から得られたデータを合わせてプロットしたものである。どちらの場合もほぼ比例関係を示し、最大静止摩擦係数は Fe-CNT の方が Co-CNT より大きい値を示した。直線によるフィッティングで得られた Fe-CNT の最大静止摩擦係数の値は 1.3, Co-CNT では 0.6 であった。一方、垂直抗力が小さい領域に着目すると、直線からのずれがみられ摩擦力 F と垂直抗力 N の比例関係が厳密には成り立たないことが分る。(b)の両対数プロットに示すように、 $F \propto N^n$ としたときの指数 n は、Fe-CNT では 0.77, Co-CNT では 0.78 であった。この値はゴムのように弾性変形と粘着がある場合に近いもので、VA-SWCNT の特異な吸着性を反映したものと考えられる。Fe-CNT と Co-CNT の違いは先端形状の違いによる基板との密着性の差によるものである。

本研究は、JST「グローバルサイエンスキャンパス」委託事業の支援を受けて実施した。

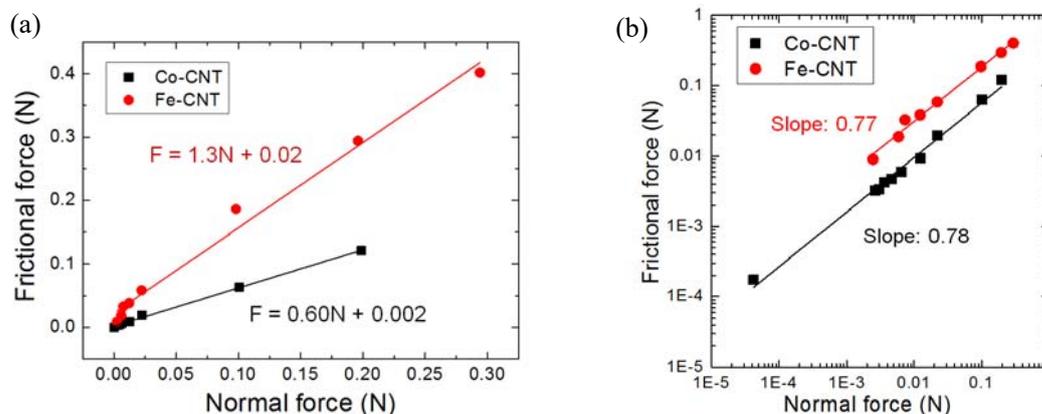


Fig. 1. Normal force dependence of maximum static frictional force.

(a) Linier plot. (b) Double logarithmic plot.