

DNA-SWCNT 複合体長さが細胞表面での力学的相互作用に及ぼす影響

Effect of DNA-SWCNT composites length on mechanical interaction on cell surface

東理大理¹, (株) エステック², 北教大教³ ○(D)宮代 大輔^{1,2}, (B)浜野凌¹, (P)平 久夫³,
(P)梅村 和夫¹

Tokyo Univ. of Sci.¹, ESTECH Corp.², Hokkaido Univ. of Edu.³,

○Daisuke Miyashiro^{1,2}, Ryo Hamano¹, Hisao Taira³, Kazuo Umemura¹

E-mail: daisuke.miyashiro@estech.co.jp

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) の表面を DNA で被覆した DNA-SWCNT 複合体は安定した水溶性を示し近赤外光領域での吸収・発光という優れた光学的特性を有するため、バイオセンサやドラッグデリバリのナノ材料として応用が期待される。ドラッグデリバリ応用を考えると、SWCNT と細胞表面との力学的相互作用が生じるため、この相互作用を理解する必要がある。正常組織と比べ癌組織は血管透過性が高く 100~200nm サイズのナノ材料を選択的に堆積する enhanced permeability and retention (EPR)効果が知られているが、SWCNT と細胞表面に生じる相互作用は不明な点が多い。この相互作用を実験的に評価するのは難しく数値計算による検討が有効だが、分子動力学法で 100nm を超える長さの SWCNTs に対しては多大な計算時間を要する。

そこで本研究では、有限要素法(FEM)を用いて DNA-SWCNT と細胞表面の相互作用を解析した。有限要素モデルは、SWCNT の六員環を梁要素で模擬した。そして、その周りに固体要素で作成した DNA を線形バネで吸着させた。DNA や SWCNT の材料特性は先行研究[1]の値を使用した。また細胞表面モデルは厚さ 5nm、100nm 四方の固体要素で作成し、DNA-SWCNT と細胞表面間は線形バネ k で吸着させた (図 1)。DNA-SWCNT と細胞表面の固有モードや周波数伝達応答解析は汎用構造解析ソフトウェアの MSC.Nastran を使用して計算した。

DNA-SWCNT と細胞表面の相互作用を調べるため、SWCNT の端点を入力としたときの細胞表面と SWCNT 間の反力の周波数伝達応答関数を計算した (図 2a)。これを SWCNT の長さを変え、計算した範囲の伝達力における実効値を比較した結果、SWCNT の長さが短くなるに従い DNA-SWCNT と細胞膜間の伝達力が増加する傾向にあり、100nm 以下では伝達力が 1.5 倍程度となった (図 2b)。さらに細胞表面のヤング率や DNA-SWCNT 間の吸着剛性を変更したとき生じる伝達力を計算し、SWCNT 長さが細胞表面の力学的相互作用に及ぼす影響を調べたので報告する。

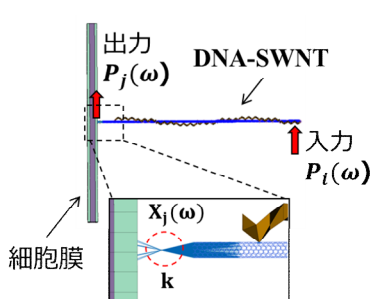


図 1 DNA-SWCNTs と細胞表面の FEM

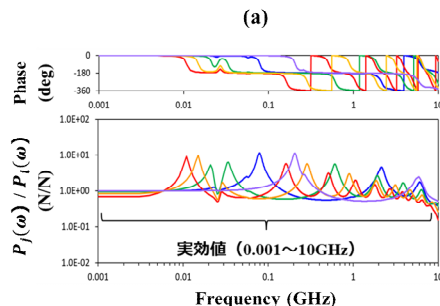
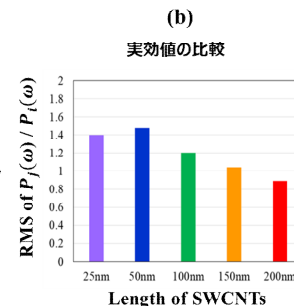


図 2 (a) SWCNT 長さ違いの周波数伝達応答



(b) 実効値の比較

[1] Miyashiro D, et al., Compos. Part B Eng. 2019,173, 106896