光熱駆動 DNA ナノマシンの空間光制御

Photonic spatial control of photoheat-driven DNA nanomachine

阪大院情 [1]，阪大院工 [2]　○山田　理己 [1]，西村　隆宏 [2]，小倉　裕介 [1]，谷田 純 [1]

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University.[1],
Graduate School of Engineering., Osaka University.[2],
Riki Yamada[1], Takahiro Nishimura[2], Yusuke Ogura[1], and Jun Tanida[1]
E-mail: r.yamada@ist.osaka-u.ac.jp

ナノマシンは分子や物質の運搬，操作，検出を可能にすることからドラッグデリバリーなど医療分野への応用が期待されている．その構成材料として DNA を利用した DNA ナノマシンは自律的に駆動することができる．一方，生体内では分子の分布が重要な情報になっており，外部信号による時空間駆動制御も有効であると考えられる．光は情報を一括に送信・取得でき，自由度の高い空間分布制御が可能であることから外部信号として有用である．我々は，励起緩和時に無輻射失活過程が支配的な消光分子を利用した DNA 分子反応の光制御手法を報告している[1]．DNA には熱によって二本鎖状態から一本鎖状態に変性する性質がある．消光分子を DNA に修飾することで，光熱変換による DNA の構造制御が可能になる．さらに，本手法を利用した光熱駆動 DNA ナノマシンについて検討してきた．光の空間制御性により，目的位置での対象分子の検出，制御技術に応用できると考えられる．そこで本研究では，光熱駆動 DNA ナノマシンの局所的空間制御性を検証した．

一例として伸縮する DNA ナノマシンを構築した．伸縮動作により物体に対して物理的な力を与えることが可能であり，ナノスケールでの分子操作や物質の変形への活用が期待される．動作概要を Fig.1 に示す．ナノマシンは伸縮動作を行う本体(body)と消光分子 BHQ を修飾した BHQ 付 DNA(controlling DNA)で構成されており，これらの結合の有無により本体の状態を変化させる．DNA ナノマシンの伸長構造(Stretched structure)を初期構造として考える．この状態で BHQ 励起光を照射すると、BHQ の熱放出により controlling DNA が解離する．その結果，本体は一本鎖部分がむき出しの状態となり，自己結合により収縮構造(Shrunk structure)を形成する．BHQ 励起光を停止すると BHQ の放熱がなくなるため，再び伸長構造を形成する．

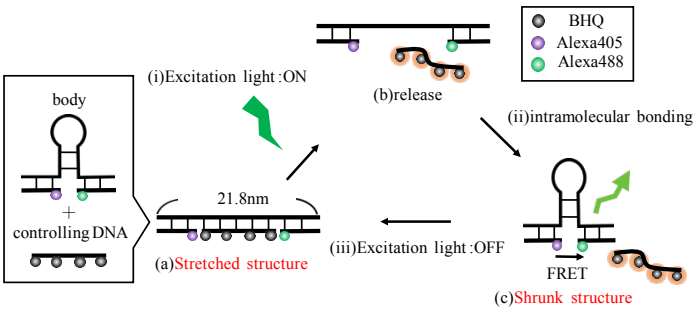

Fig.1 Schematic illustration of DNA nanomachine

実験では, DNA ナノマシンの構造を検出するため本体に蛍光分子 Alexa405，Alexa488 を修飾した．収縮構造形成時に FRET（フェルスター共鳴エネルギー移動）により Alexa488 の蛍光強度が大きくなるように修飾している．DNA ナノマシン を含む溶液をスライドガラスに滴下し，その一部分に BHQ 励起用の光スポット(波長 532nm，スポット径 1.5μm)を照射した．Alexa488 の蛍光画像の変化を Fig.2 に示す．照射位置付近でのみ蛍光強度に変化が見られ，光熱駆動 DNA ナノマシンが空間制御可能であることが確認できた．

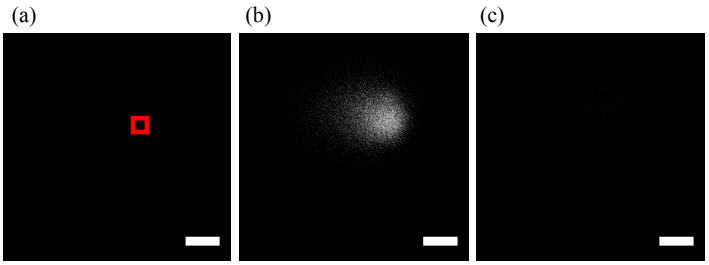

Fig.2. Fluorescence images of Alexa488 (a) before excitation of BHQ (b) immediately after stopping the excitation light (c) 20 seconds after stopping the excitation light. The red square indicates the excitation area. Scale bars indicate 50 μm.

参考文献

[1] Y. Ogura *et al.*, Biomedical Optics Express., Vol. 7, Issue 6, pp. 2142-2153, (2016)