蛍光共鳴エネルギー移動に基づく分子論理回路の光制御

Optical control of fluorescence resonance energy transfer-based molecular logic circuits

○ 西村 隆宏，藤井 亮，小倉 裕介，谷田 純 (阪大院情)
○Takahiro Nishimura, Ryo Fujii, Yusuke Ogura, and Jun Tanida (Osaka Univ.)
E-mail: t-nishimura@ist.osaka-u.ac.jp

蛍光共鳴エネルギー移動（FRET）は蛍光分子間で生じる現象であり，蛍光分子の種類・位置・状態などに応じてその効率が変化する．この特性は生体分子観察だけでなく，分子情報をその場で処理する分子論理回路の実装に有用である．我々はこれまでに，分子入力に応じた DNA 構造変化を利用して，FRET 分子論理回路を実証した [1]．本研究では，FRET 経路の光選択技術 [2] を応用して，FRET 分子論理回路の光制御を実現する．これにより，溶液環境を変えることなく光照射のみで，分子論理演算の実行内容・タイミングが制御可能となる．分子反応のみで演算を実行する従来の DNA 論理回路では実装が困難な，時空間的に変動する分子情報の処理が期待できる．

分子情報処理の時間制御を実証するために，I1∧I2 と I1∧I3（I1, I2, I3: 分子入力）の実行タイミングが光制御可能な FRET 分子論理回路を設計した [Fig. 1(a)]．Functioanl DNA は，足場 DNA 上への蛍光分子の結合を入力分子情報に応じて調節する．I1∧I2 と I1∧I3 は，FRET 経路 1，2 にそれぞれ割り当てる．各経路の FRET を選択的に生じさせるように，異なる吸収スペクトルを持つアクティベータ分子（経路 1: Alexa 405，経路 2: Cy3）を足場 DNA 上に予め用意する．それぞれのアクティベータ分子に対応する波長の光照射により，FRET 経路を選択し（経路 1: 405 nm，経路 2: 450 nm），その経路に割り当てられた演算を実行する．実験では，出力を区別するため，各経路には異なる蛍光スペクトルのレポーター分子（経路 1: Cy5，経路 2: Cy5.5）を使用した．入力分子 I1, I2, I3 を逐次投入することにより，溶液中の分子情報の時間変化を表現した．入力分子情報が，光選択した経路に割り当てられた論理条件を満たす場合においてのみ，蛍光強度が著しく上昇した [Fig. 1(b)]．この結果から，光信号により分子論理演算の実行タイミング制御が可能であることが示された．

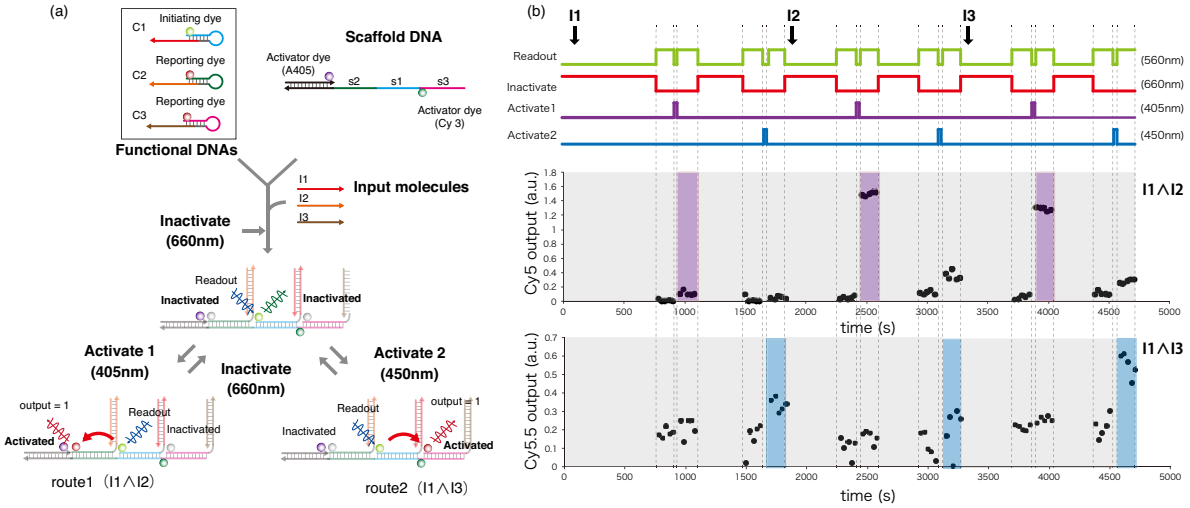

Fig. 1: (a) Implementation and (b) result of a FRET-based circuit executing I1∧I2 or I1∧I3 according to light irradiation.

[1] T. Nishimura *et al.*, Appl. Phys. Lett. 101, 233703 (2012).
[2] R. Fujii *et al.*, Opt. Review (in press).

© 2015年 応用物理学会