

巨大タンパク質集合体の高速応答とトランススケール科学

(東科大生命¹・ASMat²) ○上野 隆史^{1,2}

Giant Protein Assembly for Rapid Deformation and Trans-scale Science (¹*School of Life Science and Technology*, ²*Research Center for Autonomous Systems Materialogy (ASMat), Institute of Science Tokyo*) ○Takafumi Ueno^{1,2}

In nature, protein supramolecular assemblies form hierarchical structures that amplify monomer-level conformational changes, enabling deformation and movement. A typical example is the contractile injection system of phages, which penetrates cell walls and membranes using a complex of contracting sheaths and rigid tubes. While the deformation mechanism has been studied in detail, the connection between nanoscale monomer changes and microscale deformations in protein assemblies remains poorly understood. We focused on the R-body, a microscale actuator expressed by intracellular symbionts of Paramecium. R-bodies, composed of small proteins (RebA and RebB, ~10 kDa), self-assemble into rolled ribbon structures. A pH change from 7 to 5 triggers transformation from 400 nm rolls to 20 μ m spirals within 1 second. Despite these unique properties, the assembly structure and deformation mechanism of R-bodies remain unclear. This presentation will detail structural analysis of R-bodies and deformation analysis using the continuum model.

Keywords : Protein assembly; HS-AFM; Bacteriophage; Trans-scale

天然において、タンパク質の超分子集合体は細胞内で自発的に組み立てられ、階層的な集合構造を形成することで機能を発現している。その中には、タンパク質単量体レベルでの構造変化が幾何学的な集合構造内で増幅され、変形や運動を引き起こすものが存在する。代表的な例として、ファージの収縮性注入システムは、収縮する鞘と剛直な管の針状複合体を用いて、細胞壁や脂質膜を貫通することが知られている¹。しかし、タンパク質集合体における単量体のナノスケールの構造変化がマイクロスケールの変形にどのようにつながるかについてはほとんど理解されていない。そこで、我々はタンパク質によって組み立てられるマイクロスケールのアクチュエータである Refractile body (R-body) に着目した。R-body はゾウリムシの細胞内共生体で発現し、伸縮することで内側から細胞を破壊する機能を有する²。R-body は、RebA および RebB と呼ばれる分子量約 10 kDa の小型タンパク質が細胞内で自発的に集合し、ロール状のリボン構造を形成する。R-body は、pH 7 から pH 5 への pH 変化により、約 400 nm のロール状リボンから、長さ 20 μ m のらせん状リボンへと変形する³。この変形は、わずか 1 秒以内に完了し、可逆的であることが知られている。一方で、R-body の分子集合構造や変形メカニズムについては未だ明らかになっていない。本発表では、R-body の各種構造解析と連続体モデルを用いた変形解析について報告する。

1. Fraser, A. *et al.*, *Sci. Adv.* **2021**

2. Pond, F. R. *et al.*, *Microbiol. Rev.* **1989**

3. Kanabrocki, J. A. *et al.*, *J. Bacteriol.* **1986**