バクテリアの紐状成長の複雑な折り畳み過程を定量化

中央大の研究グループが非線形微分方程式系で記述

納豆菌を仲間とする枯草菌を寒天上で培養すると、美しいフラクタル成長パターンが見られる。枯草菌はある環境下において、細胞分裂を繰り返すものの、細胞の分断は起こさず、1本の細長い紐状に伸びていく。指数関数的に長さを増すこの細胞鎖は、折り畳み過程を繰り返しながら次第に寒天培地上を覆い尽していく。中央大学理工学部の本田良二郎氏（大学院生）、脇田順一准教授、香取眞理教授らの研究グループは、ビデオ画像からこの折り畳み過程の定量化を行い、非線形微分方程式系での記述に成功した。

枯草菌が描く1次元構造から2次元平面上のフラクタル（自己相似）構造が自己組織的に形成されるプロセスを、物理的にどのように捉えることができるのか。

具体的には、まず対数期初期におけるビデオ画像1枚1枚を丹念に調べ直すことから始めた。細胞鎖の画像から手作業で一筆書きの曲線をトレースし、折り畳み過程の結果、各時刻で2重線になっている部分の長さ、3重以上になっている部分の長さを、その時点でまだ折り畳みが生じていない単線部分の長さとともに測り、数値データに整えた。

また、すでに周囲で形成されている複雑な折り畳み構造を平均場と見なし、その中において、いくつかの単純な素過程だけに着目するという粗視化を行い、単線、2重線、および3重以上の部分の長さの時間発展を記述する非線形方程式系を考案できた。その解析的な積分解は、いくつかのパラメータ・フィッティングを行うことにより、実測データをよく再現することができた。フィッティングで得られたパラメータの値は、素過程のうち、副次構造への遷移率に単純な法則性があることを示唆するものとなった。

香取教授は「近年、立命館大学の和田浩史准教授らは、遺伝情報ではなくマクロな力学法則によって生物の仕組みを解明するバイオメカニクス研究を進めているが、我々着目する折り畳み素過程は、バイオメカニクスで実現できるかもしれない。フラクタル物理は今後、そのダイナミクス解明へと加速されるであろう」としている。

この成果は、日本物理学会の英文誌Journal of the Physical Society of Japan（JPSJ）11月号に掲載された。