3P313

自律的なパラメータ力学を備えた或る抽象力学系について

○春名 太一¹、郡司 幸夫^{1,2} (¹神戸大学大学院自然科学研究科、²神戸大学理学部地球惑星科学科)

多くの自然現象の記述は力学系によって与えられる。その記述は変化する項と変化しない項とからなり、前者は系を支配する法則に従って変化する状態量、後者は法則に含まれるパラメータである。系のおかれる環境が明示的に指定できる系においては、パラメータは系の外から制御され、系自身のダイナミクスからは分離される。しかし、生命現象のような環境の不定さを考慮せざるをえない現象に啓発されて力学系を考えると、「パラメータ=変化しない項」が「変化する」ということを考えなければならない。系とその環境との分離を前提とすれば、これは例えば、確率的切り替え写像もしくは斜積変換としてパラメータのダイナミクスを与えてやる、という形で実現できる。しかし、本発表ではそうではなく、系と環境の区別それ自身の不定さを目を向けたい。ここでは郡司による内部観測の基本モデルの構成を応用することにより、系の内部から写像を決定することの不可能性とその無効化、という形式で不定さを定式化する。このとき、個別の写像の計算の集合とパラメータによる写像の選択規則との対応関係を経由してパラメータの時間発展則が定義される。最も簡単な例として、単位区間上の一次元離散力学系である Bernoulli 写像に対して上記の手続きを経て二次元の時間発展システムを得、その性質について議論する。

T. Haruna, Y. Gunji : On an abstract dynamical system with autonomous parameter dynamics

3P315

振動高分子における形態変化のリズム形成過程

○上田 正則¹、酒井 崇匡²、原 雄介²、吉田 亮²、伊藤 嘉浩¹ (¹理研、²東大院・工)

BZ 反応は、イオン濃度や酸化還元電位が周期的に変化し、自律的に時空間パターンを形成する反応系としてよく知られている。近年、BZ 反応の反応要素である金属触媒等を側鎖に持つ高分子鎖やゲルを用いて、BZ 反応にカップルした形で起こる、高分子鎖やゲルの周期的な体積相転移現象が研究されている。これらの周期的相転移は、ナノメートルからミリメートルのスケールのゲル微粒子や高分子複合体中でも、それらの懸濁液中でも起こる。ナノメートルスケールで自律的に振動するゲル微粒子や高分子複合体を相互に連携させて、微小空間での運動や物質輸送の制御が可能であると考えられる。本研究では、NIPAAm(N-isopropylacrylamide) と Ru 錯体の共重合体における自律振動について報告する。NIPAAm は、下限臨界溶液温度 (Lower Critical Solution Temperature: LCST) を 32℃ 付近にもち、LCST 前後の温度で、可逆的に透明になったり白濁したりする。共重合体では、Ru 錯体の酸化還元状態が NIPAAm の LCST に影響を与え、一定温度下でも透過率が周期的に変化する。ポリマー濃度を下げていくと、1 分子から数分子の複合体の体積振動になり、透過率には変化が現れない。我々は、Ru の吸光度測定と動的光散乱測定等を組み合わせ、ナノメートルスケールでの形態変化を追跡し、誘導期間を経て振動周期が自律形成されていく過程の測定を行なった。発表では、振動の起こる下限サイズの有無等を議論する。

M. Ueda, T. Sakai, Y. Hara, R. Yoshida, Y. Ito : Temporal pattern formation in conformational sizes of a self-oscillating polymer

3P314

Rugged Energy Landscape を持つ力学系

○森田 英俊、高野 光則 (早大・理工)

蛋白質は多様な構成要素が複雑に結合しているが、それに起因するいくつもの可能な構造の中から、比較的素早く native 構造に落ち着くことが知られている。これはポテンシャルが漏斗型の構造を持っていることで説明されている。その一方で蛋白質は、いくつかの構造・状態をとることも知られている。この多形性・多状態性は、非常に多くの谷をもつエネルギーランドスケープ、所謂 Rugged Energy Landscape (REL) を持っていることで説明されている。大まかには漏斗型だがその中では REL になっているポテンシャルを持つ系—これが蛋白質の最も抽象化された描像であろう。

さて、このようなポテンシャルを持つ蛋白質の動的な振舞い、特に平衡から遠く離れたときの挙動について考えたい。実際、いくつかの蛋白質で多状態間をゆっくりと遷移することが観察されている。通常こういった振舞いは、局所安定状態間を熱的・確率的に遷移 (拡散) してゆく描像で説明される。この描像は平衡に近いときにはもっともらしいものの、平衡から非常に遠いときには必ずしも直ちに適応できるとは限らない。熱的遷移の描像では見られない、強い非平衡特有の現象を探りたい。

そこで本研究では、大まかな漏斗型+比較的簡単な REL をもつ抽象的なモデルを、スピングラスのモデルを改変した大自由度力学系として構築し、その挙動について調べる。このモデルは、平衡状態での静的な性質は熱的なものと一致し、その一方で強く励起したときの動的な振舞いを考えることができるという特徴がある。このモデルの動態を報告することで、REL の局所安定状態間遷移における熱的な遷移と動力学による遷移との違い、あるいは熱的な描像がうまくゆく条件、等について議論する。

H. Morita : A dynamical system with rugged energy landscape

3P316

抗体修飾ナノニードルを用いたアクチンフィラメントの力学的検出

○中村 史^{1,2}、佐藤 俊也²、小幡谷 育夫¹、中村 徳幸^{1,2}、三宅 淳^{1,2} (¹産総研・セルエンジニアリング研究部門、²東京農工大院工)

細胞を識別、判別する方法として、免疫抗体を用いた方法が従来一般的である。細胞表面マーカーに対する抗体を用い、セルソーターなどにより細胞を選別する方法は確立されているが、細胞内部のタンパク質をマーカーとした場合には、細胞を抗体で生きたまま識別することは出来ない。我々は細胞にダメージを与えないナノスケールの直径の針 (ナノニードル) と AFM を用いた単一細胞操作技術の開発を行っている。本研究ではナノニードルを利用し、生細胞内部の細胞骨格タンパク質を定量する技術を開発することを目的としている。抗アクチン抗体を固定化したナノニードルを細胞に挿入し、抜去する際の抗原-抗体相互作用を破壊するのに要した力 (unbinding force) を観察する。これによってアクチンフィラメントを力学的に検出することを試みた。単結晶シリコンの AFM 探針を集束イオンビームによりエッチングし、直径 200 nm、長さ 6 μ m のナノニードルを作製した。抗アクチン抗体は化学修飾によりナノニードル表面に固定化した。細胞は新生児正常ヒトメラノサイト NHEM-Neo を使い、37℃、5% CO₂ に保たれた恒温ボックス内で、抗体修飾ナノニードルを挿入、抜去し、その力学応答を観察した。ナノニードルを 7 μ m/sec で挿入操作した場合、2~10 nN の unbinding force が一つの細胞で繰り返し観察された。アクチン重合阻害剤である cytochalasin D を培地中に添加した場合、また単量体アクチンで抗体をブロッキングした場合では unbinding force は全く観察されなかった。本手法により生きた単一細胞内のフィラメント状のアクチンを力学的に検出することが可能であった。【謝辞】本研究は文部科学省の科研費若手研究 (A) (16686047) の助成を得て行われた。

C. Nakamura, T. Sato, I. Obataya, N. Nakamura and J. Miyake : Force mechanical detection of actin filament using antibody-immobilized nanoneedle