

短距離型 symplectic map における構造転移のダイナミクス

小西哲郎 名古屋大学理学部物理 R 研
tkonishi@allegro.phys.nagoya-u.ac.jp

自発的に構造転移を起こす保存系のプロトタイプとして、少数粒子系の短距離型 symplectic 写像をつくった。 $(p_i, x_i) \mapsto (p'_i, x'_i)$, $x'_i = x_i + p'_i$, $p'_i = p_i + \frac{K}{2\pi} \sum_{j=1}^N f(j, i)$, $f(j, i) = -c_i c_j \left(\frac{1}{2} (1 + \cos 2\pi(x_j - x_i)) \right)^M \sin 2\pi(x_j - x_i)$, $i = 1, 2, \dots, N$, $K > 0$. ここで整数 M は相互作用の range を決める数であり、 $M = 5$ と取った。また c_i は各粒子のもつ charge $c_i = \pm 1$ であり、2 粒子の charge が同符号か異符号かに応じて斥力あるいは引力の相互作用をする。

この系での構造 (マクロな状態) は正負の charge を持つ粒子からなる binary を基本としたものになり、構造転移は主に binary 間の衝突 (通り抜け、粒子の交換) により起こる。上の写像で定義されたこの系の時間発展から、マクロに見た構造の変化を数値的にとらえる事が出来た。

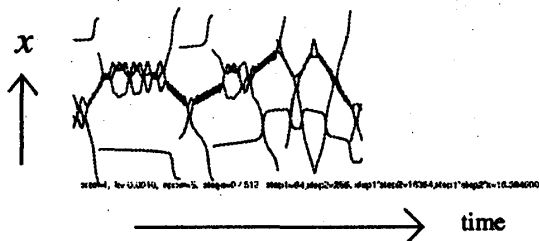


図 1 : モデルの典型的時間発展。

$N = 4, k = 0.001$.

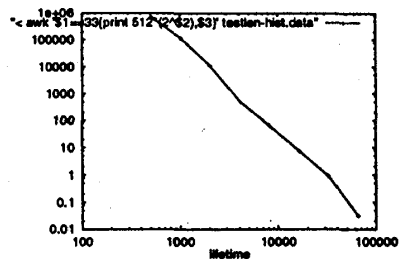


図 2 : (0,1) および (2,3) の 2 つのバイナリが出現している状態の寿命分布

その結果、binary が構成する状態のいくつかは寿命分布がべき的となった。このことは、系の構造の間の状態遷移は通常の熱揺らぎを基本としたマルコフ的な状態遷移の考え方ではとらえきれない事を意味しており、マクロな構造変化とミクロな力学的特性とがこのモデルにおいて密接に関連していることを示している。

また、相空間のなかで各状態に移行する領域は複雑に入り組んでいるが、各構造の境界領域では軌道不安定性が大きくなっている事が示された。これは力学がマクロな構造変化に現われた簡単な例である。

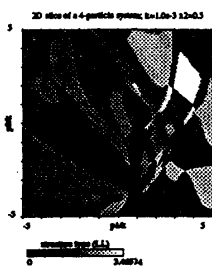


図 3 : 4 粒子系での相空間の (p_1, p_2) 断面における、マクロな状態の分布。濃淡の違いが構造の違いを表す。一番白い部分が (1,2)(3,4) の 2-binaries, 黒い部分は構造が出来ていない。

$N = 4, k = 0.001$.

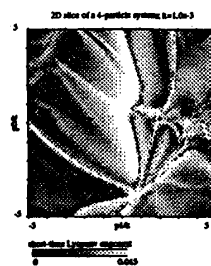


図 4 : 図 3 と同じ断面における、短時間リヤプノフ数の分布。図 3 での構造の境界では不安定性が増大している。

参考文献: Peering the onion of order and chaos in a high-dimensional Hamiltonian system, K. Kaneko and T. Konishi, Physica D71 (1994) 146 - 167