

そこで、新しいモデルとして、成長した樹枝状結晶を導体または誘電体と見なし、枝の先端と微粒子間のクーロン力および微粒子に働く気体の粘性力から、運動方程式に従い粒子を運動させた。その結果、DLAとは形状の異なる樹枝状結晶が成長した。粘性係数、粒子の電荷等のパラメーターに実験値を直接用い、2次元、3次元空間でシミュレーションを行い、これらのフラクタル次元を計算し、実験結果と比較した。

その結果、実験で得られた樹枝の形状が再現され、その形状の変化が実験結果とよく一致した。こうして、このモデルはこの実験に対してDLAよりも良いモデルであることが示された。

13. 量子 Stadium Billiard の断熱変化と準位統計

高 見 利 也

Gutzwiller の trace 公式¹⁾によると、量子系の固有値は古典周期軌道に関係する周期構造を持ち、可積分系に対しては、Einstein-Brillouin-Keller(EBK)の量子化と等価な条件を与える。非可積分系に対しては、古典周期軌道が簡単に列挙できないことなどにより、この公式を使って量子化することは、一般には難しい。一方、近年の計算機の発達にともなって非可積分量子系の高励起状態の固有関数が計算されるようになり、簡単な古典周期軌道の上で高い振幅を持つ波動関数が見つかった (scar 波動関数)。このことは個々の古典周期軌道に対応する固有状態の存在を示しており、この関連で、周期軌道量子化が簡単に実行できる可能性がある。

EBK の量子化条件は、Bohr-Sommerfeld の量子化を、断熱不変性に着目して多次元に拡張したものである。量子化されている系から始めて別の系に断熱変化することにより、途中で torus が存在しない領域を通過しても、最終的な torus が存在している場合には、level crossing の付近を除いて半古典量子化は可能である²⁾。このように量子化の問題では断熱不変性が重要な意味を持っているにもかかわらず、現在のところ、非可積分系の固有状態と断熱変化との関連はあまり調べられていない。この論文では、量子系の parameter を断熱的に変化させたときの、高励起状態の固有値の

図 1

断熱的に stadium の直線部分の長さを変化させた時の固有値の変化。横軸は、半径 r と直線部分の長さ l の比 l/r 、縦軸は平均 level 間隔を 1 に規格化した後の固有値を表す。実線は、点線の spectrum から repulsion を取り除いて crossing を作った時の level の様子を表す。

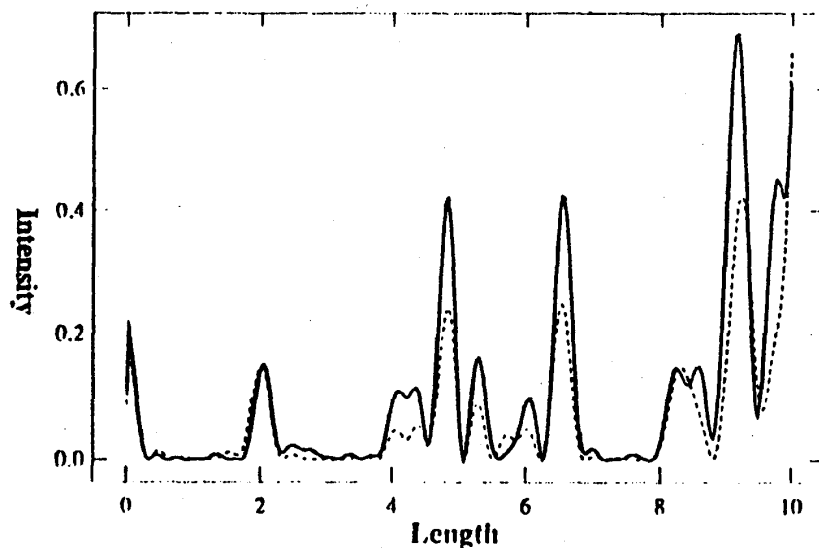
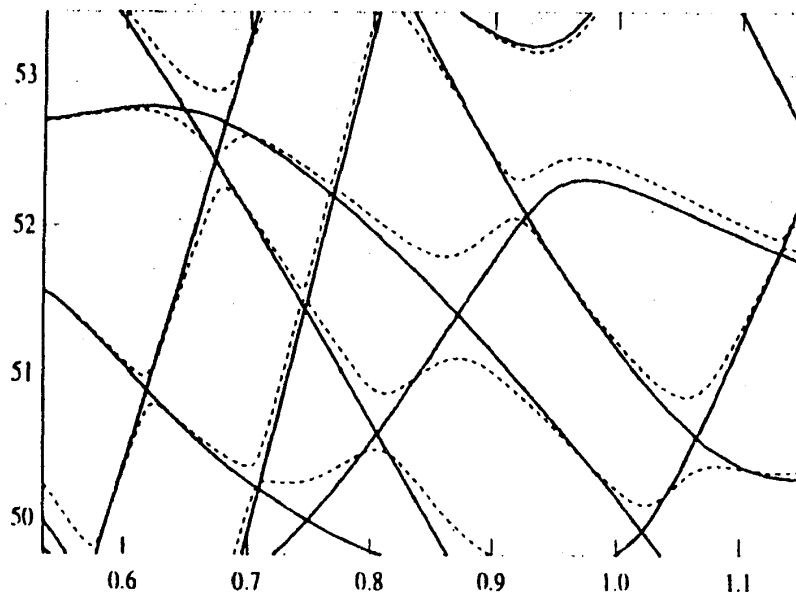
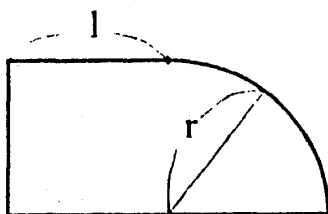


図 2

直線部分の長さが 1 の時の固有値の密度を Fourier 変換したもの。ちょうど古典周期軌道の長さの場所に peak が現れる。実線は、repulsion を取り除いた後のもの。取り除く前 (点線) に比べて、peak が高くなっていることがわかる。

様子を中心に調べることにする。

まず、stadium の直線部分の長さを parameter として、これを少しずつ変化させながら、Schrödinger 方程式の固有値問題を解く。このようにして得られた固有値の様子には、非可積分量子系の特徴の一つである level 間の反発的相互作用が見られ、従来から知られている準位統計によって調べると非可積分系特有の特徴を示す。もし、repulsion の存在が非可積分であることを特徴づけるものであるなら、repulsion を何らかの形で取り除くことによって、可積分系に近づけることができると考えられる。そこで、 2×2 行列の固有値の様子を参考にして、repulsion を取り除くための algorithm を考え、求めた spectrum に実際に適用する (図 1)。この結果得られた固有値および

準位統計の様子は、可積分系の性質をある程度備えたものとなるが、特に、短い周期軌道に関する周期構造が、以前よりもはっきりと現れることがわかる(図2)。これは、repulsionを取り除いたことで長周期の軌道の依存性をなくしたことになり、そのかわりに短い周期軌道の影響が強くなってきたものと考えられる。このことは、短い古典周期軌道による半古典量子化の結果に repulsion 構造を加えることによって、非可積分系の固有値が求められる可能性を示唆するものである。

参考文献

- 1) M. C. Gutzwiller : *Physica* 5D (1982) 183
- 2) W. P. Reinhardt : in *Lasers, Molecules, and Methods* (Edited by J. O. Hirschfelder, et.al.), *Advances in Chemical Physics* 73 (1989) 925

14. パルスの相互作用を持つ興奮性素子の集団的振舞い

茶碗谷 毅

近年、生理学実験の分野において猫の脳皮質の一次視覚野におけるニューロン集団の発火頻度が時間的に振動する現象が報告され、さらにこの振動が視覚情報処理のために使われている可能性が示唆されている。(Eckhorn[1988]; Gray & Singer[1989], etc.) 我々はこの振動の起源を個々に振動している各素子(ニューロン)の集団同期として説明する単純なモデルを提案し、その性質について解析的な手段及びコンピューターによる数値的な手段を併用して調べた。

モデルは基本的な構成要素としてニューロンに対応する素子(Integrate-and-fire型の素子)を持つ。それらの間にはある素子が発火するとそれと結合している素子の位相が瞬間的にある量だけ進められるというパルスの相互作用がある。モデルは2種類の構造を持っている。一つは生体内で観察されているコラム構造に対応する均質な集団である。その集団内では各素子は平均場的な相互作用をしている。さらにこの「コラム」が一つの単位となってさらに上位の構造(ハイパーコラムなど)が構成されている。ただし本論文ではこの上位構造についてはあまり触れない。