

# グラフオートマトン ～自発的に自由度を変化させる力学系～

北島 顕正

大阪大学理学研究科 物理学専攻, サイバーメディアセンター

我々を構成する細胞、生態系の中の生き物、インターネットに接続するコンピュータ、これらの「数」は日々の活動の中で時に増加し、時に減少し、長時間まったく同じ数であり続けることはない。系を構成する変数の数、すなわち自由度が自発的に変化するシステムについて考えたい。ここで漠然と「自由度を自発的に変える系」と言っただけでは、その実装は多様に考えられる。本講演では、この性質を持つちょっと変わった力学系として、グラフオートマトン、というモデルを取り上げる。

グラフオートマトンは富田ら [1] によって 2002 年に提案されたセルオートマトンの変種である。セルを格子状に並べ、適当に初期状態とセルの状態遷移を記述するルールを定めると、以降はそのルールに従って各セルは隣近所のセルを見ながら自身の状態を変化させていく、というのが通常思い浮かべるセルオートマトンのイメージであろう。グラフオートマトンも各セルが次の時間ステップでの自身の状態を、隣接するセルの状態とルールによって決めるという点は同じである。しかし、グラフオートマトンにおける各セルの「隣」は、格子ではなくグラフすなわちネットワークにより定められている。また、各セルの時間発展は単に状態間遷移だけではなく、セルの消滅や分裂を含んでいる (図 1)。このふたつの相違により、グラフオートマトンはシステムを構成するセルの数及びそのネットワーク構造を動的に変化させる、大変面白いモデルとなった (図 2)。

富田らはルールや初期状態を設計することで、グラフオートマトンが自己複製などの興味深い振る舞いを見せることを示した。しかし、グラフオートマトンを最初に述べた自由度が自発的に変化する系の抽象的なモデルであると考えたとき、我々は大自由度系を一時でも全体にわたって細やかに制御が出来る、とは思えない。むしろ様々な初期状態・ルールの組み合わせについて、系の時間発展を追い、分類し、その特徴を抜き出すことによって、現実の自由度変化系一般に普

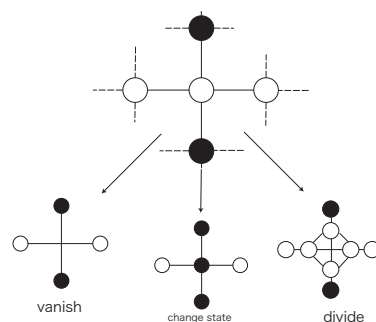


図 1: グラフオートマトンのダイナミクス。セルは状態を変化させるだけでなく、消滅したり、分裂したりする。どのダイナミクスが選ばれるかは、ルールによって記述される。

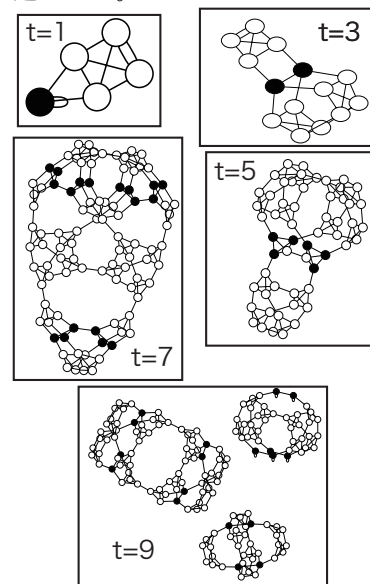


図 2: 時間発展例。9 ステップ目で、グラフは 3 つサブグラフに分裂した。

遍的な構造を見出したい。このような立場からのグラフオートマトンの研究には片岡 [2] があるが、現状で十分に吟味されたとは言い難い。

本講演ではグラフオートマトンの各ルールを、そのルールに従った系の、セルの数、サブグラフの数、サブグラフの種類の三つの量の時間発展から分類し、この分類がある程度  
の大きさのネットワークから始めれば、初期状態の細部には依存しないこと、および、各セルのとりうる状態の数の違いが、ルールセットの統計的な性質に与える影響について議論する。

## 参考文献

[1] K. Tomita, H. Kurokawa, S. Murata, Graph Automata: natural expression of self-reproduction, *Physica D* 171 (2002) 197-210.

[2] 片岡直人, Graph Automata and Degree of Freedom, 研究会「大自由度力学系研究の新展開」報告書, 2006