

Title	パターンとルールの動力学: ルール・ダイナミクス(カオスとその周辺, 研究会報告)
Author(s)	相沢, 洋二; 永井, 喜則
Citation	物性研究 (1987), 48(4): 316-320
Issue Date	1987-07-20
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2433/92626">http://hdl.handle.net/2433/92626</a>
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

## 研究会報告

一つのモデルに対して $\phi$ は高々2個しかなく、そのとりうる値は高々 $2N$ 個しか存在しないので、エネルギーの値だけで軌道を完全に分類することはできない。即ち、等エネルギー面に多くの異なる軌道が存在する。従って有限系はエルゴード的ではない。

しかし、熱力学極限を考えれば、カノニカル分布の成立のためには、必ずしも有限系がエルゴード的であることは必要ないかもしれない。もっと粗視化した意味でのエルゴード性の実現していれば十分であろう。そこで、大きな系( $N = 10^3$ )を考え、その系の一部を部分系( $N' \leq 14$ )とし、残りを熱浴とみなして、部分系でカノニカル分布が成立しているかどうかを数値的に調べてみた。

具体的には、まず、部分系の状態密度 $D(E)$ (部分系のとりうる全配位のうち、エネルギーが $E$ となる配位数の割合)を計算する。次に、エネルギー密度 $\phi = \phi/N$ の状態から出発して系を時間発展させ、部分系のエネルギーの値が $E$ をとった時間の割合 $P(E)$ を求める。そして、これらの量が、

$$P(E) = \text{const.} \times D(E) e^{-\beta E} \quad (5)$$

の関係を満たすかどうか、また、こうして得られた $\beta$ と $\phi$ の間の関係が、統計力学による計算と一致するかどうかを調べた。

その結果、局所的保存則を持つ系では(5)は成立しないが、加法的保存量だけ存在して局所的保存則は持たないようなモデルでは、エネルギー密度 $\phi$ のランダムな初期条件から始める限り、(5)を満足することが確かめられた。またこのとき、 $\beta$ の値についても、理論と良く一致するか、または一致しなくても部分系が小さいことを考慮すれば理論と矛盾しないような結果を得た。

但し、初期条件による(5)からのズレに関しては、モデルによってかなり差があり、このことは緩和の性質と関係があるものと思われる。緩和に関しては、現在研究が進行中である。

## パターンとルールの動力学 —ルール・ダイナミクス—

早大・理工 相 沢 洋 二  
麻布大・獣医 永 井 喜 則

特殊な機能(論理)をもった要素(領域)からなる集団(例えば神経系や計算機等)では力

学則自体を変更してゆく働きがある。そこでは各要素のもつ力学から産み出されると同時に、それに強くフィードバックする集団の力学則が存在する。集団の発展を支配する運動律（力学）は各要素のものとは異ったものになり、集団の力学が逆に各要素の力学を支配する。要素を支配する集団の力学は多様な形で存在できるが、その中に基本になる互いに独立な力学則が存在し、集団の力学則がこれら基本の力学則をルールと名付け、ルール空間での運動をルール・ダイナミクスと呼ぶ。

われわれは、3近傍2状態の一次元セルオートマトン系のパターンダイナミクスが基本ルール5つによって再現されることに着目して、このセルオートマトン系により、“ルールダイナミクスの研究はどのように展開されればよいか”の試行錯誤を始めた。

3近傍2状態のセルオートマトン系の基本ルールを $\{g_0, g_1, g_2, g_3, g_4\}$ により表わす。セルオートマトン系のパターンダイナミクスは、基本ルールの組合わせで表わされる、32コのルールで記述できる。この32コのルールのつくるルール空間で、“どのルールを選択するか”というルール・ダイナミクスを考える。ルールの時間発展は

$$F(t) = \sum_{i=0}^4 \varepsilon_i(t) g_i$$

で記述される。ここで $\varepsilon_i(t)$ は時刻 $t-1$ から $t$ へのパターン遷移で、各基本ルールをスイッチオンするか、スイッチオフするかを決める関数である。上の式からルール・ダイナミクスは基本ルールのスイッチのオンオフを決めるダイナミクスに帰着されることがわかる。

われわれは、このスイッチのオンオフの仕方として次のものを考えた。

- (1) 外力的オンオフ法： $\varepsilon_i(t) = \theta(\cos(\frac{t}{2K_i} + \varphi_i))$ によりオンオフさせる。ここで、 $K_i$ は周期、 $\varphi_i$ は位相、 $\theta$ は階段関数を表わしている。
- (2) パターンの平均活動度でルールを決める方法（Threshold）：時刻 $t-1$ から $t$ へのパターン遷移のときのルールを $t-1$ 時刻の平均活動度が定めた閾値より大きいか小さいかでスイッチのオンオフを決める。このとき必ずしも閾値以上がスイッチオンではなく、その逆も許される。
- (3) (1)と(2)の混合（ハイブリッド）：ルールの外力的オンオフとThresholdによるオンオフを組合わせたもの。一つのルールに対しては、(1)または(2)のいずれかだけが選ばれる。
- (4) マルチゲート：スイッチオンオフをする平均活動度の値を多数にしたもの。いくつかの平均活動度の区間でルールのスイッチオンがなされる。

今までのシミュレーションの結果から次のようなことが見出された。

- (1)の方法では、5つの基本ルールが全てスイッチオフされゼロとなるルールが出現する場合

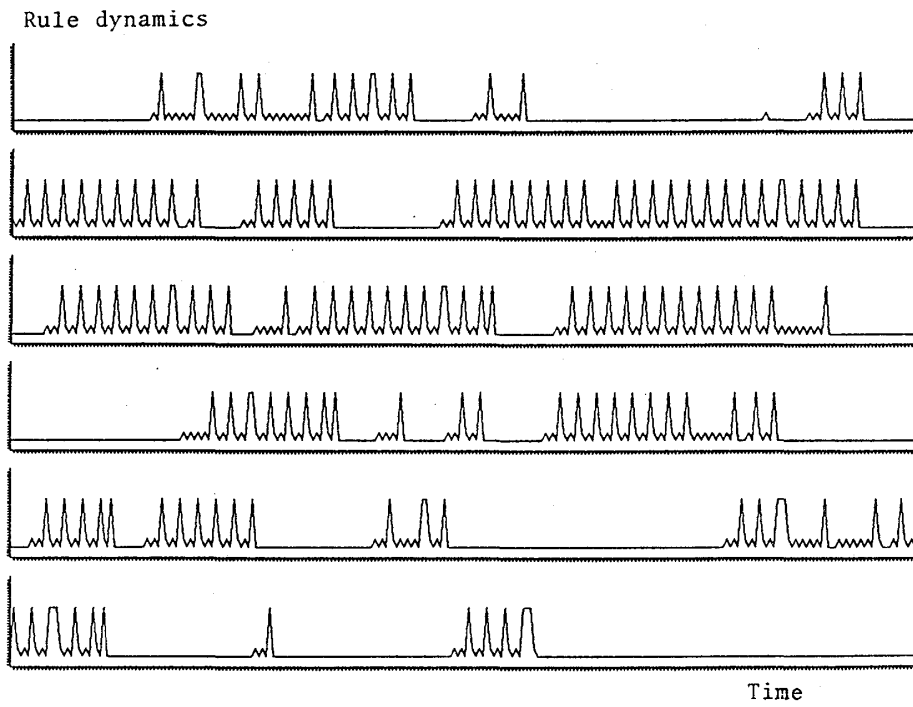


図1 インターミットtentなルール変動の例

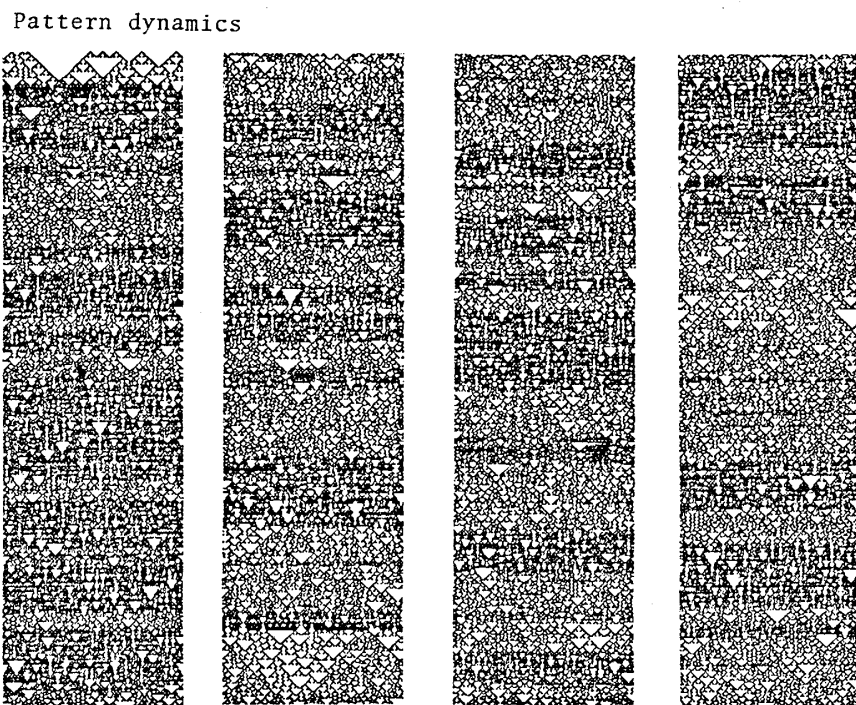


図2 インターミットtentルールによるパターン変動

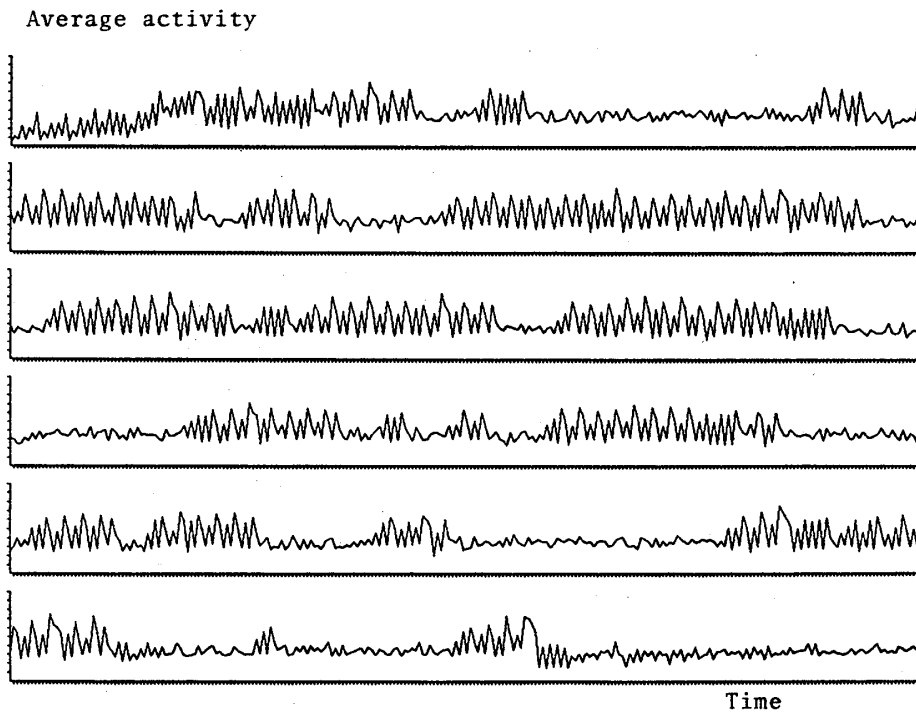


図3 インターミットルールによるパターンの平均活動度変化

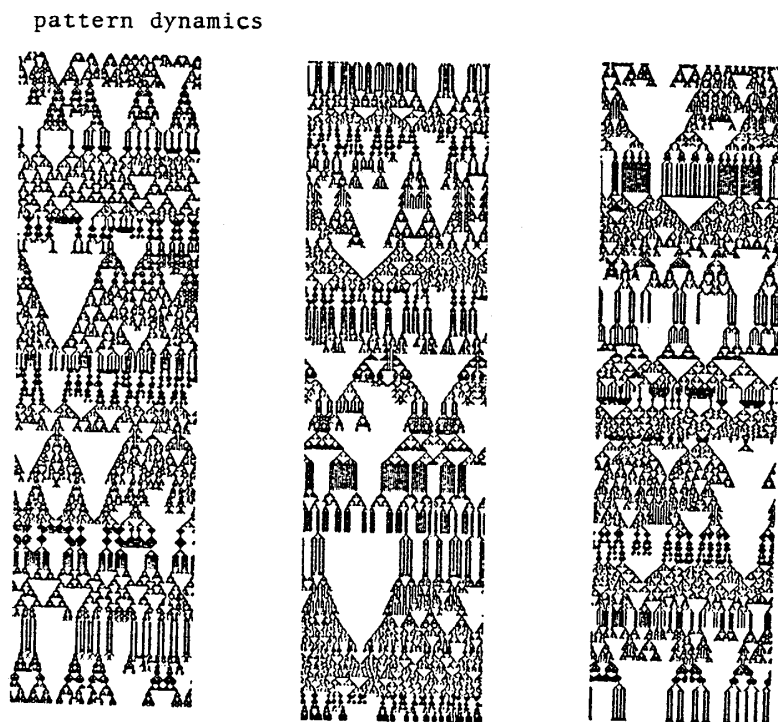


図4 ハイブリッドルールのパターンダイナミクスの例  
23コのルールが出現している。

## 研究会報告

がある。そのときパターンは消滅する。また準周期的ルール変動が現われる場合は、それに応じたパターン変動の周期性が見られる。

(2)の方法ではインターミットtentなルール変動が見出された。その例を図1に示しておく。図2にはそのパターン変動、図3には平均活動度の変化が示されている。パターンダイナミクスが安定に展開される場合と途絶する場合とがある。ルールダイナミクスはルール空間の比較的少ない領域をめぐる。

(3)の方法によりルール空間内の23コのルールをめぐりダイナミクスが見出された。その例が図4、5に示されている。

(4)の場合は数多くのルールをめぐりながら安定にパターンダイナミクスを展開するルールダイナミクスを探すために考案した。

しかしこのようなマルチゲートはまだ見出されていない。安定にパターンダイナミクス

を行う場合は、パターンの周期的変動が、固定されたパターンに落ち着く。このときのルールの時間発展はパターンの変化に応じた単純なものになっている。

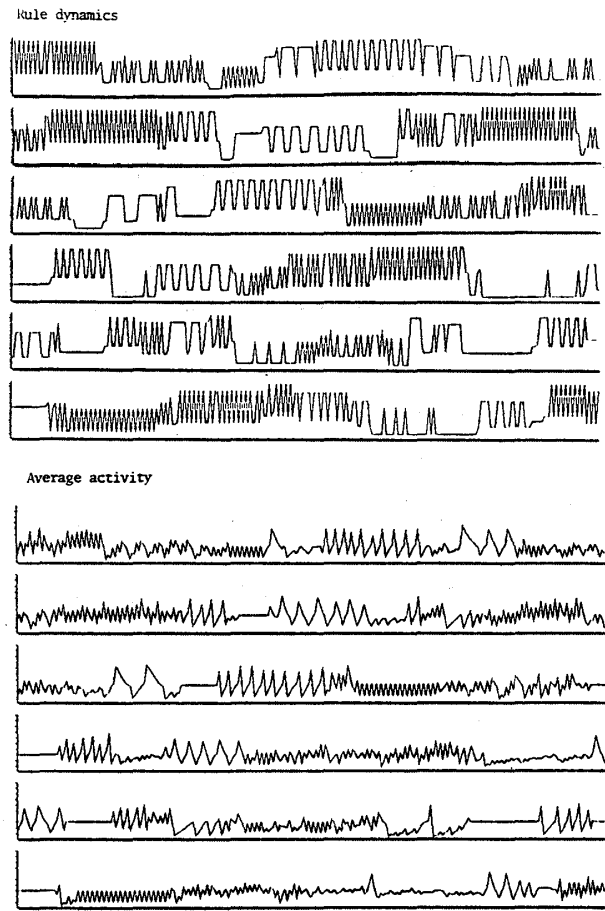


図5 ハイブリッドルールのルール変動と平均活動度変化

## 確率的ニューロン群による記憶の想起過程

新技術開発事業団 津田一郎, エドガー・ケルナー

東大・薬 清水 博

大脳皮質のニューロンネットワークの構造から簡単な記憶の素早いサーチプロセスに関するモデルを提出した。

主な結果は次のとおりである。

1. あらかじめパターンに対する順序付けが与えられていないにもかかわらず、想起過程に