

# 非线性物理：引言——元胞自动机

---

## 历史回声

1. CA的历史最早回归到1940年代美国数学家Stanislas Ulam，他对基于简单规则建立的图形学十分感兴趣：将二维空间划分为一系列cells，每个cell给予on和off两态，两态演化决定于邻居状态。
2. 作为美国科学的贵族，那时Ulam已经可以接触到当时最先进的计算机，从而引发了一些有趣好玩的东西。这是你们这些父母掏钱的学生所不能必备的。^\_^
3. 图形漂亮——具有自我复制的能力。



# 非线性物理：引言——元胞自动机

---

## 历史回声

1. 复杂源于简单，宇宙源于CA！
2. 但是Ulam对于CA的贡献渐渐被人遗忘了，因为Ulam被人遗忘了。  
。 ^ \_ ^
3. 荣誉到了John von Neumann头上。那时他正在为能不能借助图灵的思想发展一种自我复制机器而苦恼。因为事物如果能够很快自我复制的话，征服世界也就没有现在克隆那么难了！
4. 事实上，人不苦恼是没有创造力的！



# 非线性物理：引言——元胞自动机

---

## 历史回声

1. **Ulam**就让**von Neumann**使用他的数学方法实现复制：一些简单的规则竟然可以产生那么复杂和丰富多彩的宇宙！
2. 1970年**CA**恋恋不舍地离开了实验室，因为**John Horton Conway**发明了**the game of life**。
3. 因此，**CA**是一个简单的离散动力学，由简单规则产生复杂的现象，从而赋予“**1+1>>2**”的含义。
4. 说了半天，**CA**是什么东西呢？*e.g.* **DLA**
5. 给一个小例子！



## 非线性物理：引言——元胞自动机

### 一个小例子：生命游戏

Example of a starting pattern

00	01	02	03	04
10	11	12	13	14
20	21	22	23	24

Determination of neighbourhood

00	●	●	●	04
10	●	12	●	14
20	●	●	●	24

### 游戏规则：

1. One inactive cell surrounded by three active cells becomes active ("it's born") ;
2. One active cell surrounded by 2 or 3 active cells remains active ;
3. In any other case, the cell "dies" or remains inactive.



## 非线性物理：引言——元胞自动机

### 一个小例子：生命游戏

First generation

1	2	3	2	1
1	1	2	1	1
1	2	3	2	1

Second generation

00	01	02	03	04
10	11	12	13	14
20	21	22	23	24

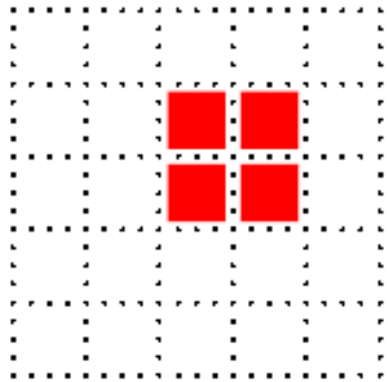
### 基本性质：

1. *Parallelism* : A system is said to be parallel when its constituents evolve simultaneously and independently. In that case cells update are performed independently of each other.
2. *Locality* : The new state of a cell only depends on its actual state and on the neighbourhood.
3. *Homogeneity* : The laws are universal, that's to say common to the whole space of CA.

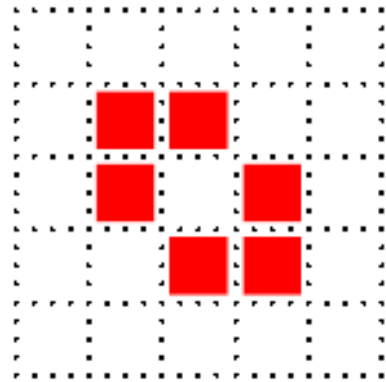


# 非线性物理：引言——元胞自动机

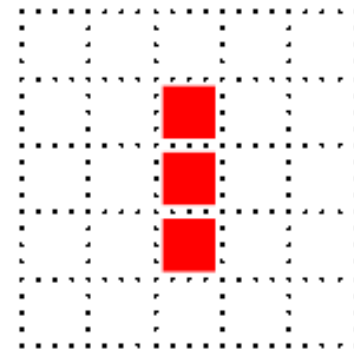
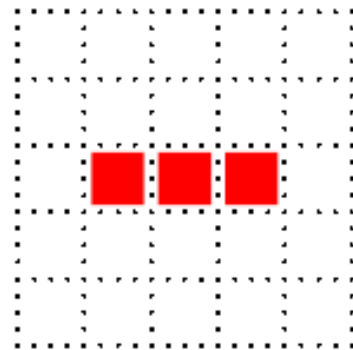
## 一个小例子：生命游戏



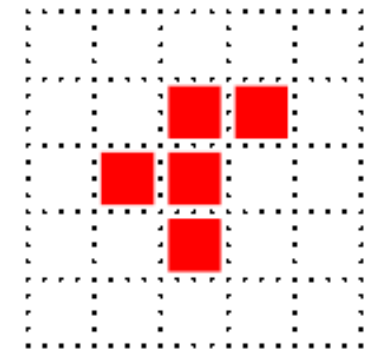
“Block”



“Ship”



“Blinker”



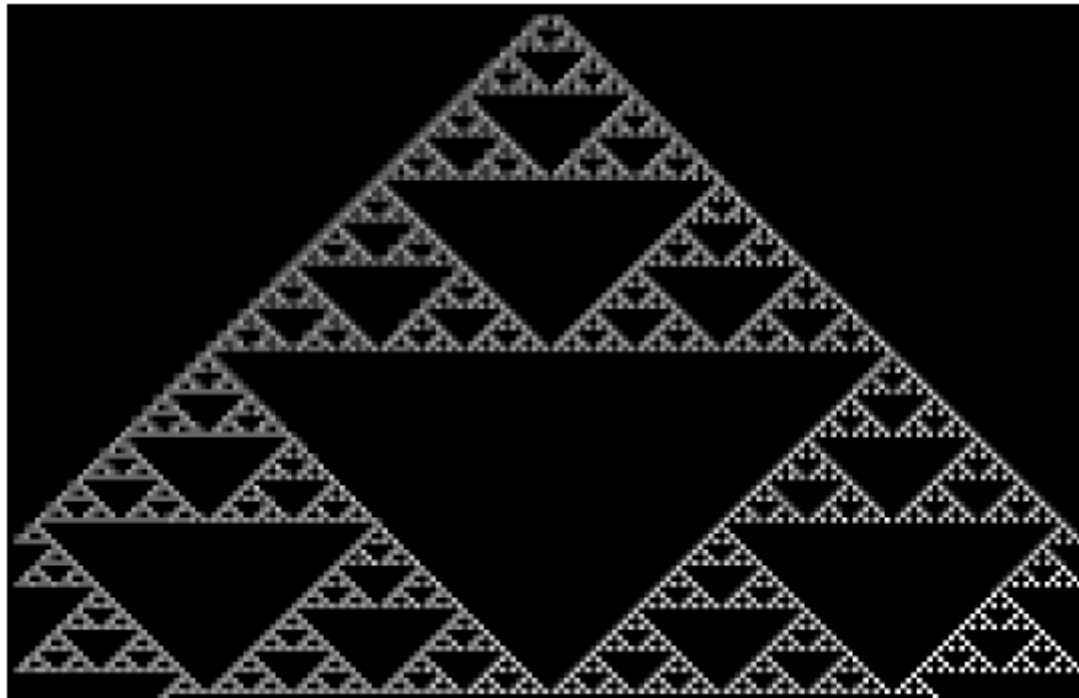
“r-pentomino”

# 非线性物理：引言——元胞自动机

---

## 影响因素：

1. 维度变化、状态变化、邻居变化、转变规则变化。
2. 例如规则数：一维三邻居两态问题，可能的规则数目是 $2^{(2^3)}$   
 $=256$ 。这些规则可能性是庞大的。^\_^

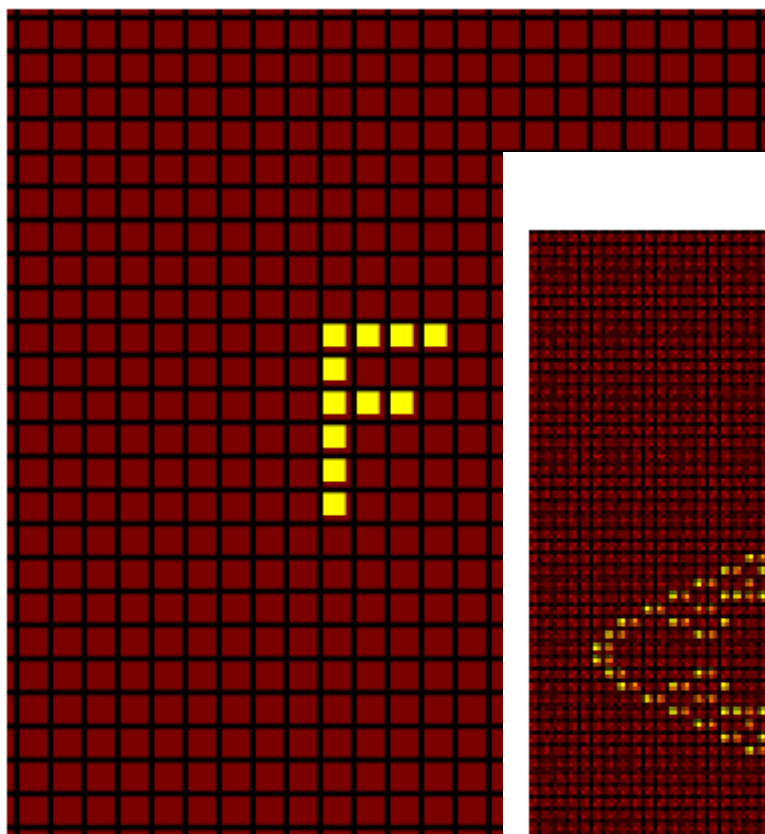


(Pascal's triangle)



## 非线性物理：引言——元胞自动机

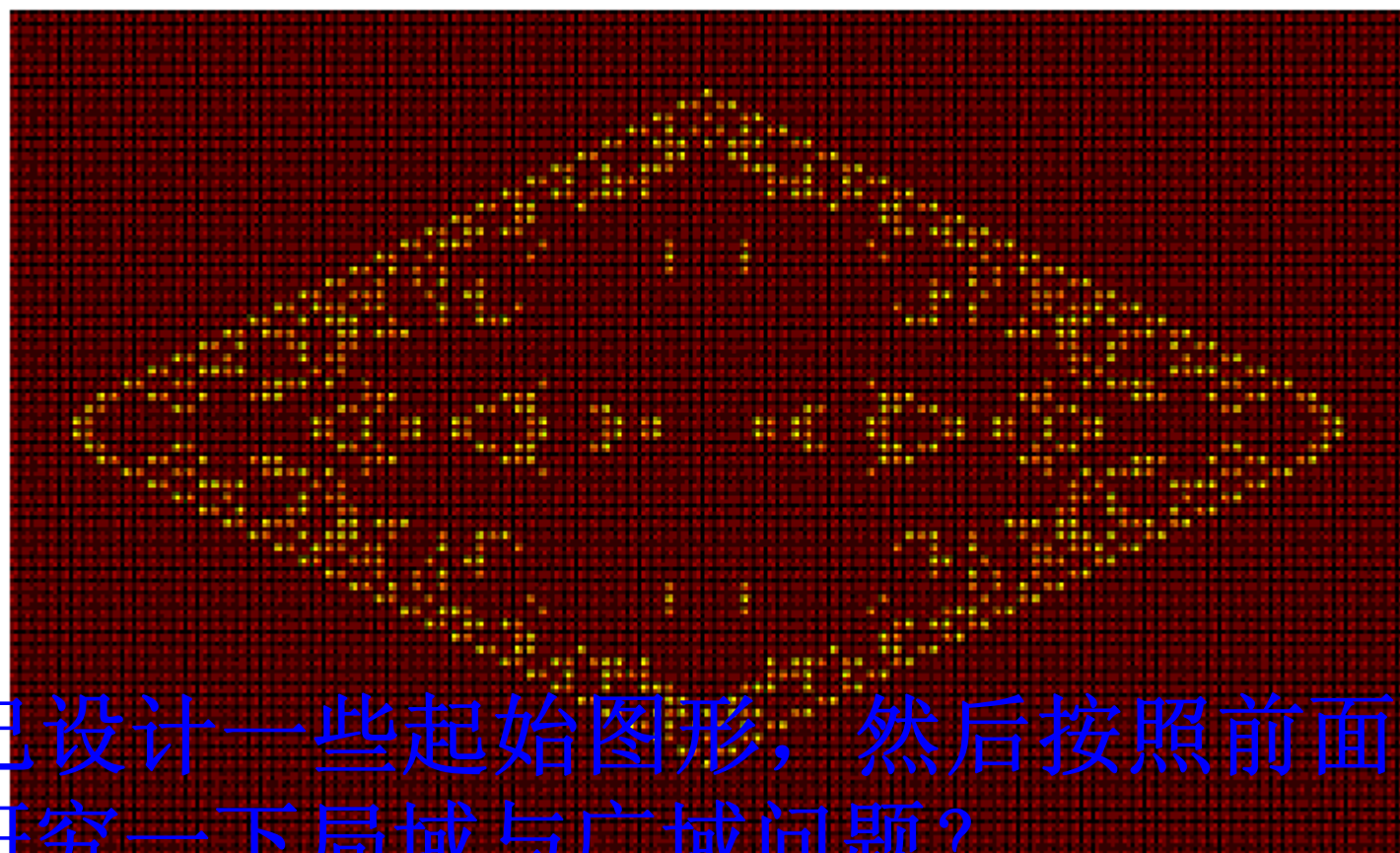
Fredkin generation 0



Fredkin generation 8



Brian's Brain



能不能自己设计一些起始图形，然后按照前面的规则，研究一下局域与广域问题？





# 非线性物理：引言——元胞自动机

---

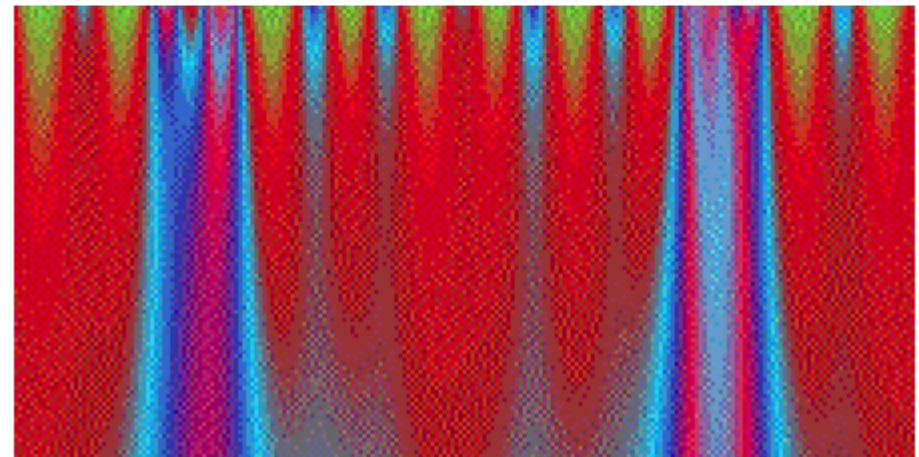
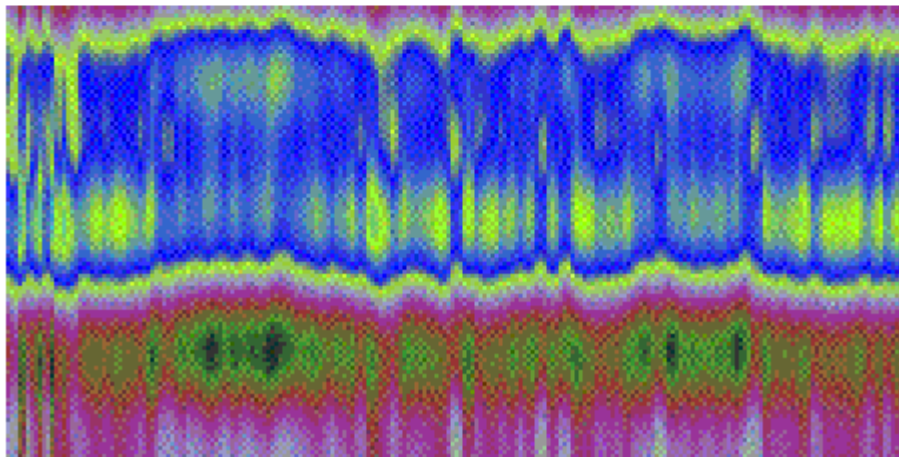
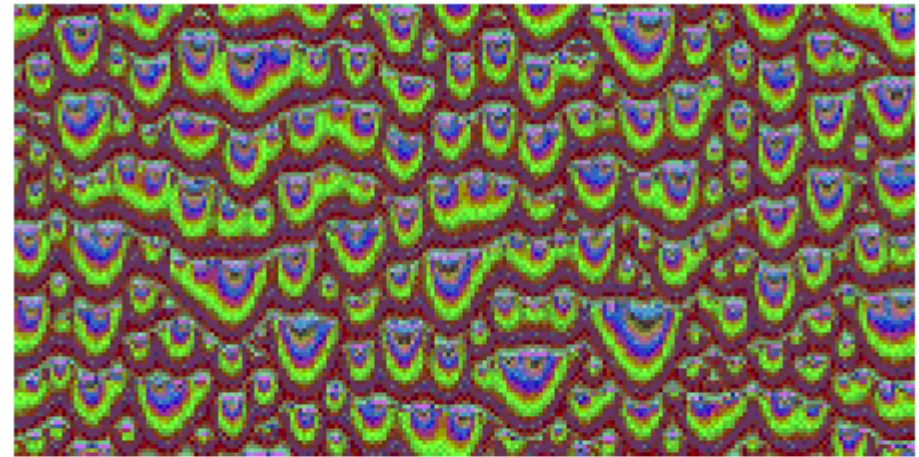
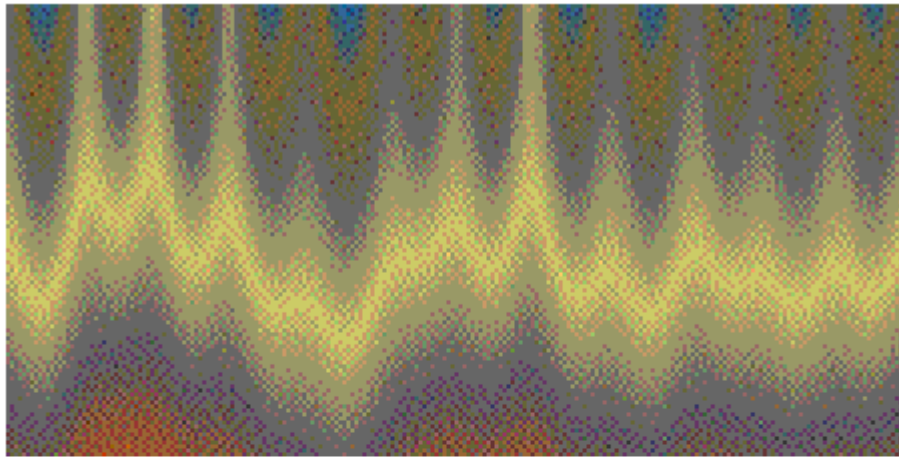
## 可能的应用

1. 气体行为的模拟：一个气体分子运动决定于周围其它气体分子。
2. 铁磁学研究：Ising模型。
3. 渗流行为的模拟。
4. 森林火灾的蔓延。
5. 模拟微分方程演化动力学。
6. 大规模并行计算。
7. 城市发展的动力学。
8. 结晶过程。
9. 很多很多。。。。。。例如，图形绘制。



# 非线性物理：引言——元胞自动机

---



# 非线性物理：引言

---

## 非线性物理的基本印象：

1. 研究动力学演化问题：有限范围内的行为！
2. 动力学系统在平衡点附近可以近似为线性问题，非线性物理研究前沿不关注平衡点附近的行为，而是关注远离平衡点的长时间的定性行为、普适行为：丰富的结构、混沌和孤立波。
3. 非线性物理大致上研究非线性动力演化导致的：(1)无序行为，即混沌与分形，局部无序而整体呈现漂亮的结构。(2)有序行为，即孤子、元胞自动机、形态发生。
4. 非线性现象的物理本质：(1)相互作用；(2)(负)反馈机制。



# 非线性物理：引言

---

为了讲授方便，我们的课程分为下面几个章节：

1. 非线性分析的相空间方法简单介绍
2. **Fractals**
3. **Chaos**
4. **Solitons**
5. **Pattern formation**
6. **Cellular automata**

注重现象、提炼一些基本概念



# 非线性物理：引言

---

## 主要参考书：

1. **Lui Lam, Nonlinear Physics for Beginners, World Scientific Publishers 1998**
2. **E. Ott, Chaos in Dynamical Systems, Cambridge University Press 2002**
3. **B. Chopard and M. Droz, Cellular Automata Modeling of Physical Systems, Cambridge University Press 1998**
4. **M. Sipper, Evolution of Parallel Cellular Machines, Springer-Verlag 1997**
5. **席德勋, 非线性物理学, 南京大学出版社 2000**
6. **黄景宁、徐济仲、熊吟涛, 孤子：概念、原理和应用, 高等教育出版社 2004**
7. **刘式达、梁福明、刘式适、幸国君, 自然科学中的混沌与分形, 北京大学出版社 2003**



