

多状態ライフゲームにおける周期的パターンの解析

日大生産工 ○阿部 惇平 日大生産工 山内 ゆかり

1 まえがき

ライフゲームは1970年にイギリスの数学者ジョン・ホートン・コンウェイによって考案された生命の誕生、進化、淘汰などのプロセスを簡易的に再現したシミュレーションモデルである。安定なパターンや、周期的パターンの探索、ライフゲームの面白さは、単純なルールから生成される出現パターンの予測の困難さ、遷移の複雑性、意外性にある。

ライフゲームの世界はセルと呼ばれる格子で構成されており、各セルには「生」と「死」の2つの状態がある。あるセルの次の時刻における状態は、そのセルの状態と8つの近傍のセルの状態によって決まる。コンウェイのライフゲームは次のルールで定義されている。この標準のライフゲームのルールを23/3と表す。

表1. 次世代状態

現在の状態	近傍にある生(1)の状態のセル数								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
死(0)	0	0	0	1	0	0	0	0	0
生(1)	0	0	1	1	0	0	0	0	0

最初の数(2,3)は生き残るために必要な数を表し、次の数(3)は生命の誕生に必要な数を表す。

このオリジナルのライフゲーム以外にも様々な新しいルールを考えることができる。バリエーションの中では、23/36が有名である。これは、High Lifeと呼ばれ、自己複製するパターンが発見されている。

本研究では、ライフゲームの生の状態を拡張させシミュレーションを行い、興味深いパターンの出現するルールの発見を目指す。

2.提案する手法

本研究では、生の状態を1、2の2つの状態に拡張させ、それに死の状態である0を含めた3つの状態でシミュレーションを行う。実験には表2に示したルール1、表3に示したルール2の2通りのルールを用いる。

表2. ルール1における次世代状態

現在の状態	近傍にある生(1か2)の状態のセル数								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
死(0)	0	0	0	1	0	0	0	0	0
生(1)	0	0	1	2	0	0	0	0	0
生(2)	1	1	2	2	1	1	1	1	1

表3. ルール2における次世代状態

現在の状態	近傍にある生(1か2)の状態のセル数								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
死(0)	0	0	0	1	0	0	0	0	0
生(1)	0	0	1	2	0	0	0	0	0
現在の状態	近傍にある生(2)の状態のセル数								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
生(2)	1	1	2	2	1	1	1	1	1

ルール1、ルール2は23/3ルールを3状態に拡張している。ルール2は現在の状態が2の場合は、近傍にある2の状態のセルの数によって次世代の状態が23/3ルールで決定するように設定した。ルール1、ルール2のどちらが周期的パターンが存在する可能性が高いか世代のセル数の推移を計測し検討する。

3 実験結果および検討

図1にトーラス型の40×40のセルの初期状態をランダムに設定し、ルール1適用して各状態のセル数がどのように推移したかを示す。

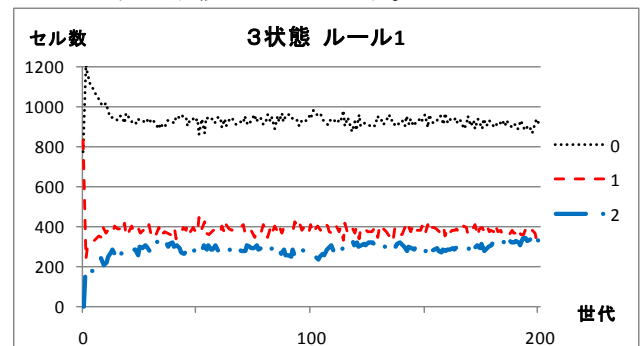


図1. ルール1を適用

世代200ですでに各状態のバランスが保たれており、以降1000世代まで同様に推移した。図2に1000世代経過後の状態を示す。

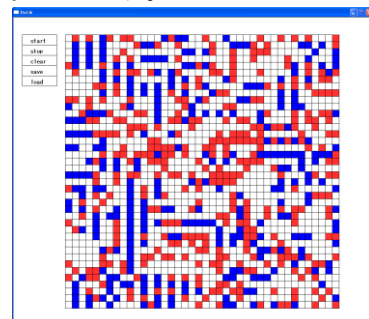


図2. 1000世代後：ルール1を適用

ルール2でも同様にランダムな初期状態からのセル数の推移は一定の割合に収束した。図3にルール2を適用した1000世代経過後の状態を示す。

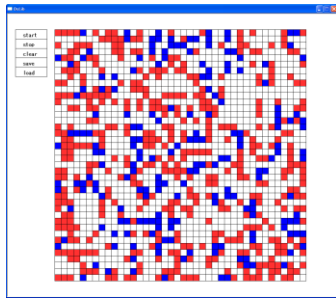


図3. 1000世代後：ルール2を適用

図4は状態2のセル数の世代推移をルール別に示している。この図からルール2に比べてルール1の方が2の状態のセル数が多く、多様性が保たれていると考えられる。

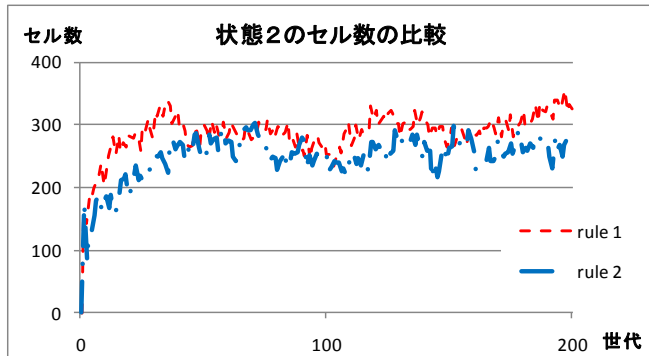


図4.ルール別状態2のセル数

図2は図3に比べて生の状態(1, 2)のセルが直線的に配置されているのが分かる。2状態のライフゲームにおける直線的配置は、配置するセルの数によって周期的パターンや静止型へ遷移することが知られている。そこで、 100×100 のセルに初期状態として状態1のセルを直線的に配置し、ルール1を適用させてみる。5つまで配置した場合は、2状態のライフゲームに近い遷移や、死滅するパターンが出現した。6つ配置した場合、図5に示した線対称の図形が広がっていく繁殖型を確認することができた。

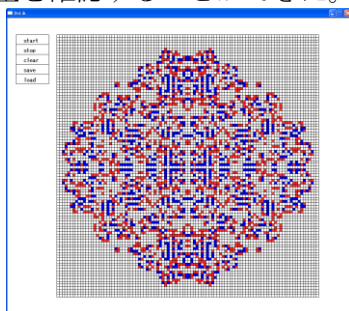


図5. 直線配置150世代後：ルール1

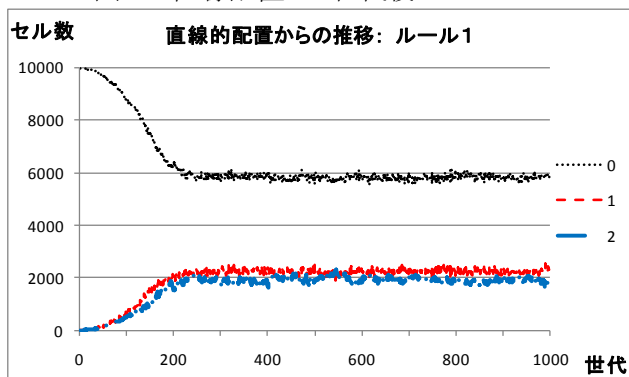


図6. 3状態のセル数の推移

これを1000世代まで行った場合の3状態のセル数の推移を表したのが図6である。図7に図5と同様に直線的配置で初期化したものにルール2を適用し150世代後の状態を示す。

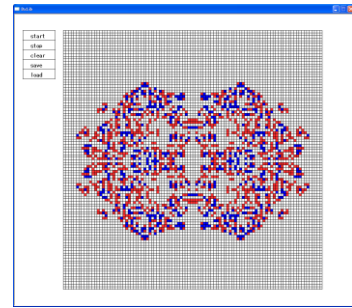


図7. 直線配置150世代後：ルール2

5.まとめ

本研究では、ライフゲームの生の状態を拡張し、2つのルールを提案し、3状態ライフゲームの解析を行った。

トラス型の 40×40 のセルの初期状態を、ランダムで初期化したものに、各ルールを適用させ、1000世代経過させた結果、一定世代経過後は、どちらのルールも3状態のセル数のバランスを保つ、安定した推移を示した。

また状態2のセル数の推移を比較した結果、ルール2の方が少ないことが確認できた。状態2のセル数が少ないことは多様性が減少していると考えられることができるが、セル数1から5の直線配置に各ルールを適用させた結果、ルール2は2状態のライフゲームと同じ状態に収束することが確認でき、コンウェイの23/3ルールの3状態への自然な拡張と考えられる。

6以降はルール1の場合と同様に、繁殖していくことが分かった。

今後の課題として、状態2のセル数と遷移との関係性の解明、2状態で知られる様々な初期パターンからの推移の解析、提案したルールの改良が上げられる。

「参考文献」

- 1) 藤田嵩, 村田涼介, 井上聡, 三次元ライフゲームにおける収束解確認のための可視化手法, 画像電子学会年次大会予稿(2005);
- 2) 酒井俊介, ライフゲームにおけるパターン探索の並列化(2006)
- 3) 加藤陽三, 8状態ライフゲームのシュミレーション, (2007)
- 4) ウィリアム・パウンドストーン(著), 有澤誠(訳), ライフゲームの宇宙
- 5) DXライブラリ置き場
<http://homepage2.nifty.com/natupaji/DxLib>
(最終アクセス:2010/10/27)