



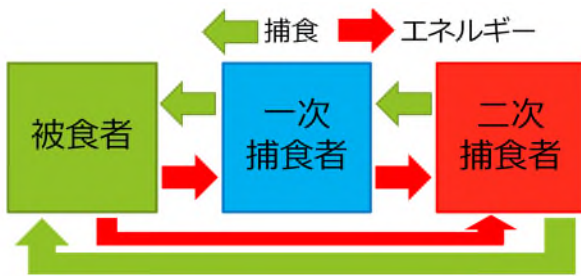
## 〇はじめに (目的)

ライフゲームとは、決められたルールによって生物の誕生、淘汰などを簡易的に行えるシミュレーションである。本研究では3種類に限定した生物のシミュレーションを行うためにライフゲームのルールの拡張を試みた。

## 〇方法

### 〈1〉Life\_Plus の2種での有効性の検証

1. ライフゲームのルールに被食者、一次捕食者、二次捕食者とエネルギーを追加した食物連鎖のシミュレーション「Life\_Plus」を作った。



←モデルの構造を簡単に示した図。  
下位の生物と上位の生物が近くにいるとき、下位の生物は死亡し、上位の生物はエネルギーを得る。

### エネルギーの設定

←1世代ごとに1ずつ減る。0になると死亡する。

被食者: 1

\*被食者は餌が常にある設定なので常に1

一次捕食者: 0 ~ 3

二次捕食者: 0 ~ 5

2. Excel でパターン生成と Life\_Plus を実行するプログラムをつくり、シミュレーションの結果をロジスティック方程式とロトカ・ヴォルテラ方程式を混合した既存の方程式の計算結果と比較し、Life\_Plus の有効性を検討した。

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = c_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K}\right) - \frac{c_2 N_1 N_2}{1 + h_1 N_1} \\ \frac{dN_2}{dt} = \frac{c_3 N_1 N_2}{1 + h_1 N_1} - c_4 N_2 \end{cases}$$

←被食・捕食関係にある生物の個体数の変化を計算できる式。ただし2種類の場合の計算しかできないため、この方程式ではLife\_Plus の完全な検証ができない。

### ロジスティック方程式とロトカ・ヴォルテラ方程式の混合方程式

### ・シミュレーションの条件

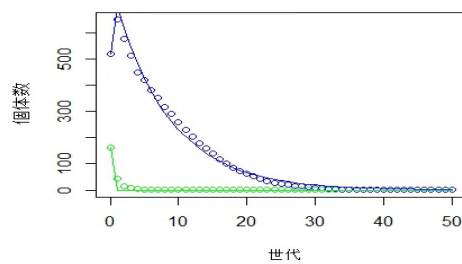
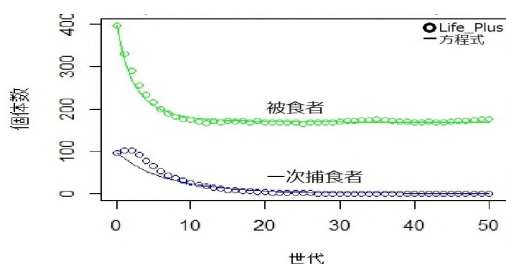
実行範囲	各生物の割合・・・死亡:被食者:一次捕食者
60×60	シミュレーション1・・・4:4:1
	シミュレーション2・・・4:1:4

これを30回行い、その平均値を検証に用いた。

シミュレーションと計算の結果が一致すれば、2種での有効性が示せると考えられる。そのため、結果が一致する混合方程式の係数があるかどうかR-studioで勾配法を用いて調べた。その結果をグラフで示した。

シミュレーション1

シミュレーション2



### 2種でのシミュレーションと方程式の結果の比較

↑Life\_Plus と混合方程式の結果がほぼ一致していた。よってLife\_Plus は2種でのシミュレーションに有効であるといえる。

### 〈2〉Life\_Plus の3種での有効性の検証

1. Life\_Plus を用いた被食者と一次捕食者、二次捕食者の3種でのシミュレーションを行い、結果を収集した。

計算については、混合方程式を3種に拡張した方程式を考案し、計算結果を求めた。

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = c_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K}\right) - \frac{c_2 N_1 N_2}{1 + h_1 N_1} - \frac{c_3 N_1 N_3}{1 + h_2 N_1} \\ \frac{dN_2}{dt} = \frac{c_4 N_1 N_2}{1 + h_1 N_1} - \frac{c_5 N_2 N_3}{1 + h_2 N_2} - c_6 N_2 \\ \frac{dN_3}{dt} = \frac{c_7 N_1 N_3}{1 + h_2 N_1} + \frac{c_8 N_2 N_3}{1 + h_2 N_2} - c_9 N_3 \end{cases}$$

### 混合方程式を3種類に拡張した方程式

この方程式は混合方程式とは異なり、3種類の場合での個体数の変化を計算する方程式として有効であるかどうかの検証がなされていない。そのためこの方程式の有効性の検証も必要である。

2. 2種類での検証と同様に、シミュレーションと3種類に拡張した方程式の計算の結果が一致すれば、3種類での有効性が示せると考えられる。しかし、シミュレーションと計算の結果を比較したところ、2種のと看ほどの一致が見られなかった。このことから、Life\_Plus の有効性については、不明である。

一致しなかった原因としては

- (i) 方程式が間違っている
  - (ii) Life\_Plus が間違っている
  - (iii) 係数の調べ方が間違っている
  - (iv) これら複数の原因が重なっている
- などが考えられる。

## 〇結論

Life\_Plus は2種類でのシミュレーションについては有効であると考えられるが、3種類では有効性が不明であるため、更なる検討が必要である。

## 〇参考文献

巖佐 備 (1998) 数理生物学入門—生物社会のダイナミクスを探る. 共立出版株式会社  
 Golly Game of Life Home Page (2017)  
<http://golly.sourceforge.net/>  
 ライフゲーム—Wikipedia (2017)  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ライフゲーム>