

生態系の移動&増減モデル

1 モデルの数式化

今回のシミュレーションでは、肉食動物と草食動物（捕食者と被捕食者）の個体数増減をシミュレートする際に使われることのある「ロトカ・ヴォルテラ方程式」なるものを拡張したものを使ってみました。

まずは、このロトカ・ヴォルテラ方程式について説明しておきます。肉食の個体数を x 、草食の個体数を y とすると、その個体数の時間発展が微分方程式で表されます。

$$\frac{dx}{dt} = ax(b - cy) \cdots$$

$$\frac{dy}{dt} = a'y(b' - c'x) \cdots$$

a, b, c, a', b', c' はシミュレーションする系に依る定数です。

この式の意味を考えるために、定数に具体的な値を入れてみましょう。

$$\frac{dx}{dt} = -x(2 - y) \cdots \quad '$$

$$\frac{dy}{dt} = y(2 - x) \cdots \quad '$$

($a = -1, b = 2, c = -1, a' = 1, b' = 2, c' = -1$)

' について …

この式は肉食の個体数である x が増えると $\frac{dx}{dt}$ (x の時間変化) が負の方向に大きくなります。これは、定性的には肉食 1 匹あたりの食料が減り、個体数が減少する方向に向かうことを表しています。また、草食の個体数である y が増加すると、 $\frac{dx}{dt}$ が正になるか ($y > 2$)、負のまま ($y < 2$) でもその絶対値が小さくなります。これは、先ほどの逆で餌である草食動物が増えると肉食の個体数が増加方向に向かう、あるいは、減少率が小さくなることを表しています。

' について …

これも、肉食と同じように考えます。 y が大きくなると、 $\frac{dy}{dt}$ が大きくなる。これは、個体数が多いほど、繁殖しやすいということを表しています。(これについては今回行うシミュレーションでは少し解釈を変えたいと思います。) x が大きいと、 $\frac{dy}{dt}$ が小さくなる。肉食が多いとより多く食べられてしまう。

1' モデルの数式化 2

さて、ここまでロトカ・ヴォルテラ方程式の最も簡単なものの説明をしてきたのですが、今回実際使う方程式は上の肉食・草食に加えて、植物（個体数 z ）を加えてみたいと思います。そうするとロトカ・ヴォルテラ方程式は次のようになります。（「なります」というより、「定性的な解釈がしやすいように係数を決定していきます」というべきか?）

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -x(2 - y) \cdots \\ \frac{dy}{dt} &= -y(2 + x - z) \cdots \\ \frac{dz}{dt} &= z(2 - y) \cdots\end{aligned}$$

は先ほどの肉食と同じ解釈になります。

は草食の個体数の変化を表していますが、先ほどと解釈が少し異なります。

y （草食）が増えると、1匹あたりの餌が減るので、減少率が大きくなるようになっています。また、 z （植物）が多くなると、草食の減少率が小さくなるような式になっています。

は植物の減少率（増加率）の式です。これは、 z （植物）の個体数が多いと、繁殖しやすいために、増加率が大きくなり、 y （草食）の個体数が多くなると、植物が食べられてしまうために減少率が大きくなることを表しています。

2 モデルの数式化 3

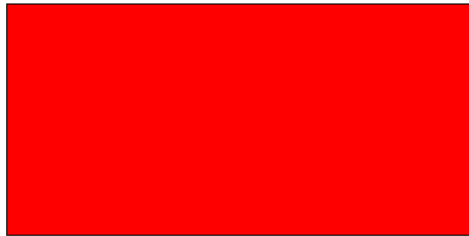
§1 では、ロトカ・ヴォルテラ方程式について話しました。ここでは、それを改造して見ます。

では、具体的にどのように改造するのか?ということですが、「拡散項」なるものを加えてみます。

といっても、これだけでは何のことか分からないので、先ほどのものとの違いを見比べてみます。

拡散項のないものでは、ある 1カ所での個体数の増減を考えることに当たります。（次図）

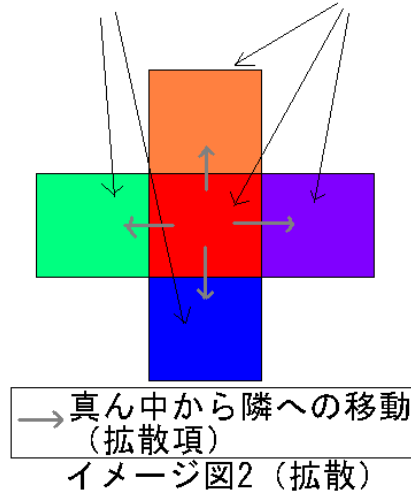
この中の個体数の増減を考える。



拡散なし：イメージ図

次に拡散項を加えたものですが、数カ所での個体数の増減を考え（ここまでは、単にロトカ・ヴォルテラを数カ所で行っているだけ。）さらに、各場所から隣の場所への個体の移動を考えるというものです。（次図）

各箱の中で個体数を増減させる。(ロトカ・ヴォルテラ)



それでは、具体的な方程式を書き下してみます。
 x を肉食、 y を草食、 z を植物とし、

$$\frac{dx}{dt} = -x(2 - y) + \Delta x$$

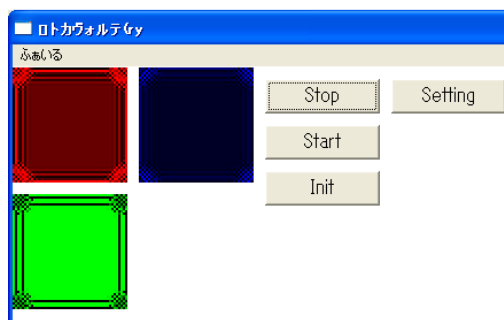
$$\frac{dy}{dt} = -y(2 + x - z) + \Delta y$$

$$\frac{dz}{dt} = z(2 - y) + \Delta z$$

それぞれの式の最後に拡散項が付け加わっています。

3 シミュレーションソフトの使用と仕様

さて、それでは今回作ったシミュレーションについての説明に入ろうと思います。



少々分かりにくいですが、4つのボタンと3つの四角が並んでいます。

3つの四角。

これらは、それぞれ肉食、草食、植物のそれぞれの場所における個体数を示しています。左上の赤は肉食、右上の青は草食、下の緑は植物の個体数になります。色に明暗がありますが、色が明るいほど、その場所に多くの個体がいることを示しています。また、3枚は重なっていませんが、実際には重なった状態で、各場所でロトカ・ヴォルテラによる個体の増減と隣への拡散が行われています。

4つのボタン

「start」「stop」「init」「setting」の4つがあります。「start」「stop」はその名の通りシミュレーションの開始と停止です。「init」は初期状態に戻したいときに使います。次に「setting」ですが、これを押すと表のようなものが出てきて、先ほど説明したロトカ・ヴォルテラ+拡散項の係数を変化させることができます。

また、上のほうに「ふぁいる」とありますが、ここではデータの保存・読み込みができます。(ロトカ+拡散項の係数の値と、書く場所での個体数)
ただ、各場所での個体数については**保存の際にデータの欠落が起こってしまい、次に読み込んだ際に前回のデータとは少し異なった値を示してしまいます**。ですので、このデータを使いたくない方はデータを読み込んだ後に「init」を押してください。これで読み込んだデータはロトカ+拡散項の係数のみに反映されます。

以上がこのシミュレーションの主な使い方です。

それでは皆さんさようならー。