

動物の体の模様はどうして作られるのでしょうか？

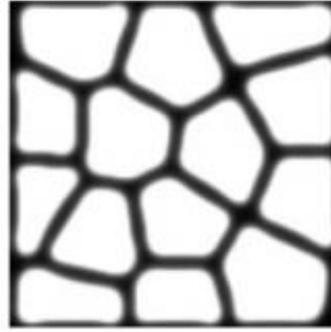
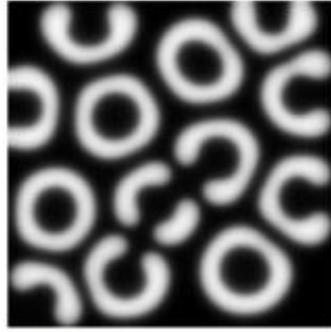
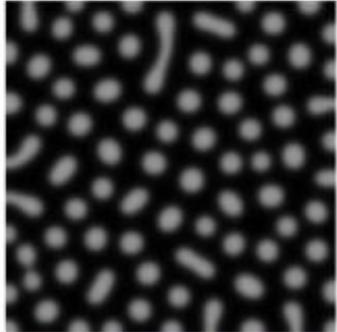
チーター



ユキヒョウ

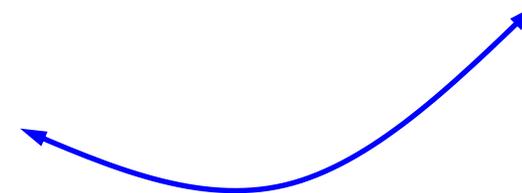


キリン



▲ それぞれの動物によく似たチューリング・パターン

ベロウソフ・ジャボチンスキー反応の模様



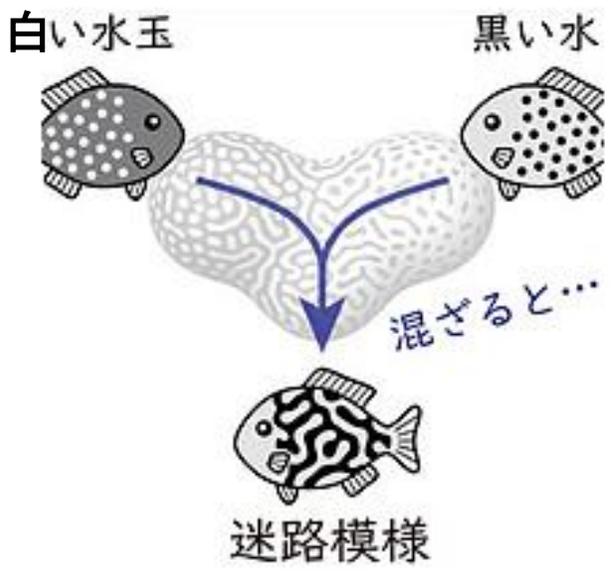
類似していない？

以下のWebsiteをご覧ください。

出典：<https://www.terumozaidan.or.jp/labo/technology/15/02.html>

チューリングパターン

反応拡散波とは？



模様と進化の関係

黒い斑点と白い斑点の魚の雑種を作ると、面白いことに迷路模様の魚になります。これは、模様が「反応拡散波」であることから数学的に予想できるのです。この現象が、新しい種を進化させる原動力になっていることが解りつつあります。

出典：<https://www.fbs-osaka-kondolabo.net/>

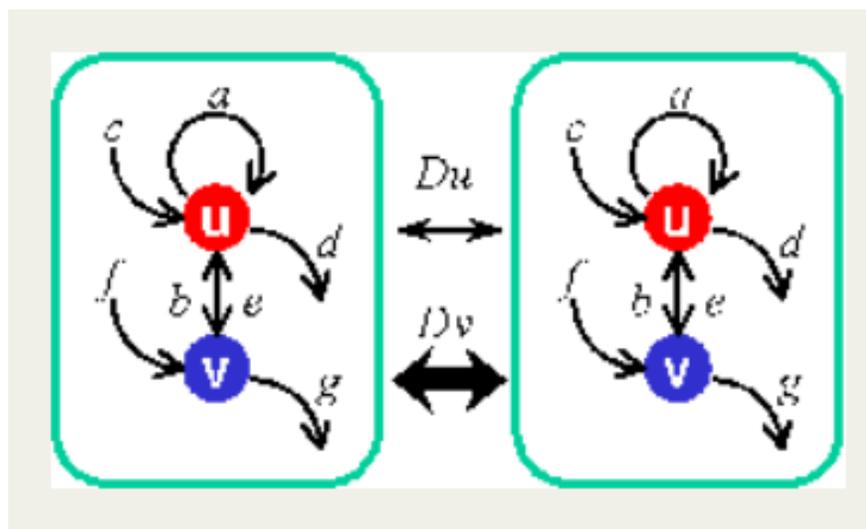
$$\frac{\partial u}{\partial t} = F(u, v) - du + D_u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = G(u) - gv + D_v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

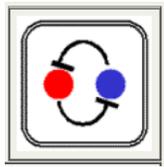
合成項 分解項 拡散項

	抑制のみ	特徴 具体例
1変数		1安定
2変数		双安定 遺伝子発現スイッチ
3変数		振動

ベロウソフ・ジャボチンスキー反応では、臭素酸塩、金属、マロン酸の3変数 → 振動



出典：<https://www.fbs.osaka-u.ac.jp/labs/skondo/ozaki/what%20is%20RD%201%20by%20ozaki.htm>



合成項 分解項

$$\frac{du}{dt} = au^2 - bu$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{a}{v}u^2 - bu$$

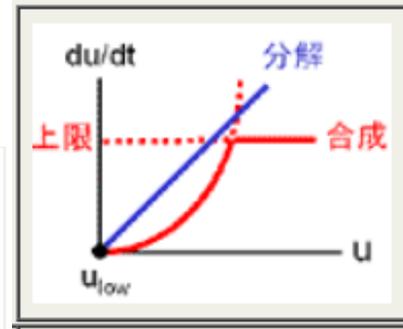
$$\frac{du}{dt} = au^2 - bvu$$

$$\frac{du}{dt} = au^2 - b(u + v)$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{a}{v}u^2 - bu + d$$

$$\frac{dv}{dt} = c(u - v)$$

vは調節因子



	単なる双安定系	2状態間を遷移する系
時間変化		
	ランダム (相互作用なし)	パターン (相互作用あり)
空間パターン		

	合成-分解のバランス
a=5 b=5 上限=10	
合成強め a=10 b=5	
分解強め a=5 b=6	

状態 I uが大きいとき	
状態 II uが小さいとき	

u ↑、v ↑ ⇒ 合成項弱まる
u_{low}に向かう

u ↓、v ↓ ⇒ 合成項強まる
u_{high}に向かう

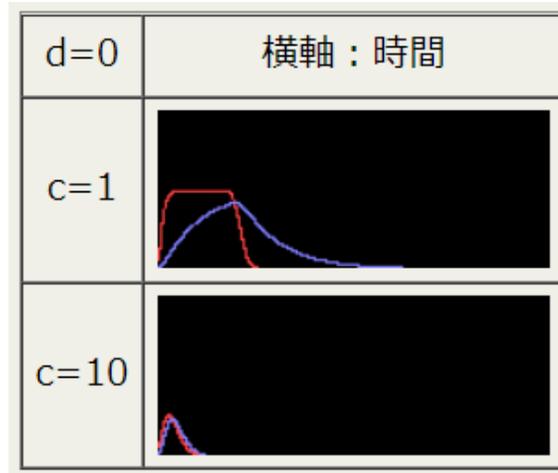
基礎合成がないとき (d = 0)

調節因子の反応速度が遅いとき (c=1)

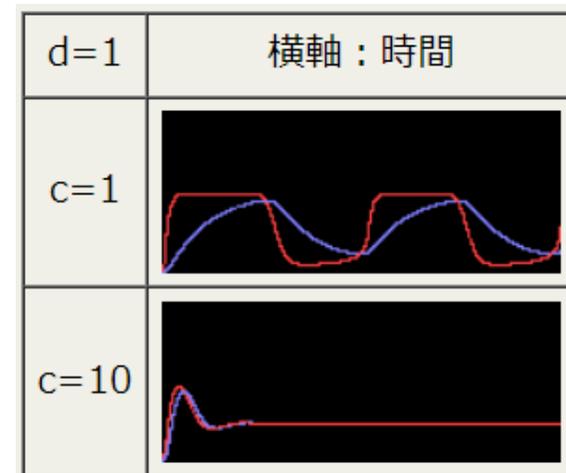
→ 1回振動 vが遅いので状態 I → II

c=10の時は少し立ち上がって直ぐゼロに

vが速いので状態 I と II が同時に進行

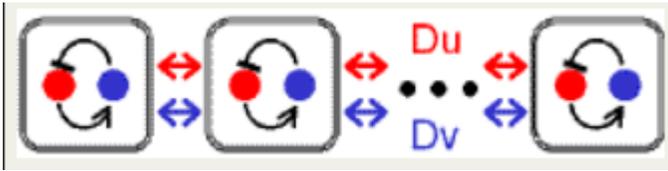


興奮現象 (神経パルス)



持続的な振動

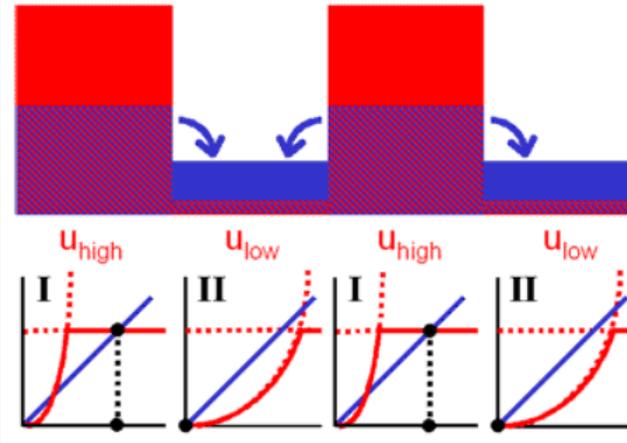
←ゼロに戻らない



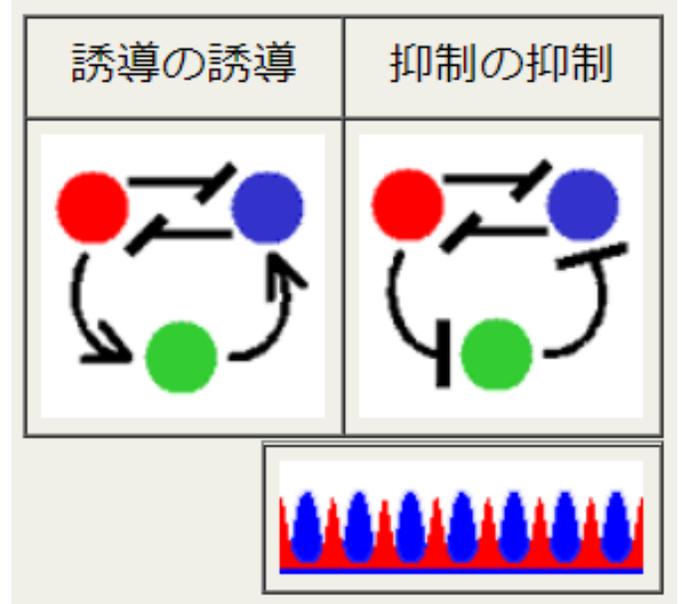
$c=10, Du=1$

$c=10, Du=1, Dv=10$

d=0	横軸：座標
Dv=1	
Dv=10	



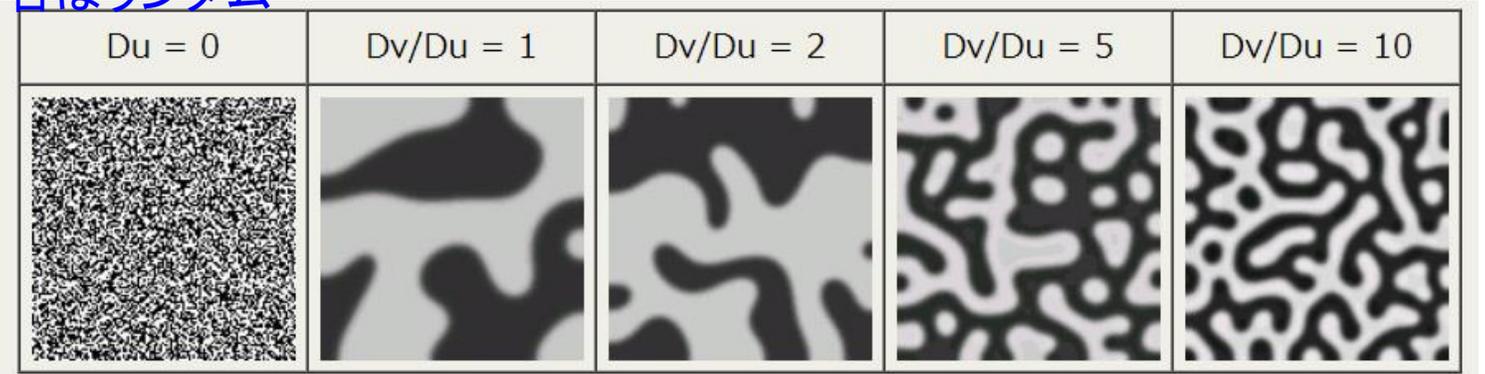
3変数の場合



「均一な状態」+「大きい拡散速度の比」⇒「周期パターン」 ←従来の考え方

「双安定状態にない“双安定系”」+「大きい拡散速度の比」⇒「双安定状態の復活」

拡散しない場合はランダム



振動 → 横軸が時間
周期パターン → 座標