

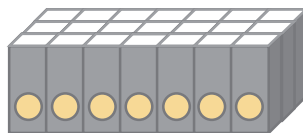
生物の形の折り線図

京都大学 再生医科学研究所
井上 康博 立尾 樹 新田 泰大

なにが不思議なの？

実は、私たちのカラダのなかの多くの器官は、細胞1個1個がシート状にならんだ細胞シートが折り畳まれてできています。受精卵からカラダが出来るまでには、細胞が増殖して、細胞シートを作り、自分から折り線をつけて、折るということをたくさん繰り返しています。

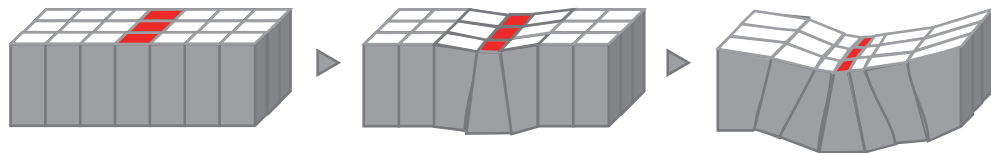
では、どうやって折るのでしょうか？
折り線と形の関係はどのようにになっているのでしょうか？



細胞シート

細胞が折る

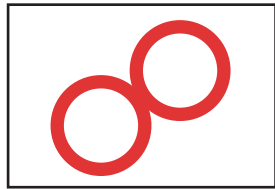
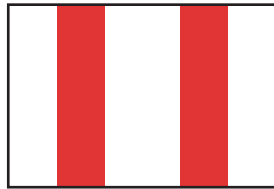
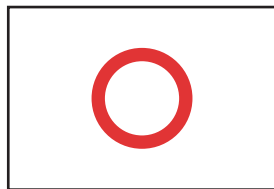
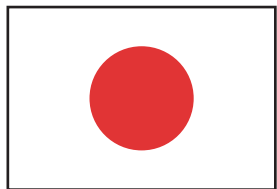
- ① シートの局所（赤い領域）で、細胞の表面に収縮力が発生します（頂端収縮といえます）
- ② 収縮力の働く面は、狭くなり反対側は広くなります（細胞体積の保存より）
- ③ 周りから押されたり、内側に引っ張られたり、あれやこれやで、細胞シートに折れ曲がりができます（陥入といえます）



収縮する細胞が並んだ赤い領域が折り線、ということです。

どんな形になるかな？ 考えてみよう。

上の説明図の赤い領域が、次のような模様になったとき、細胞シートはどんな形に折れ曲がると思いますか？



どうやって研究しているの？

折り線と形の関係を探るには、実際に色々な折線図を細胞シートに作ってみて、細胞たちに折らせてみる、というのがやり方の1つです。

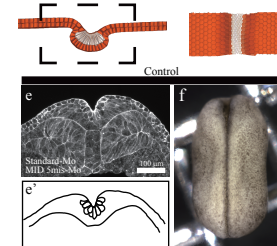
でも、本物の細胞たちを使ってやるのは、とても難しいので、私たちはコンピューターシミュレーションを使っています。

コンピューター上で、折り線を細胞シートに自由に描き、最新の生物学と物理学に基いて、細胞たちの動きをシミュレーションすると、どんな形になるのか、予測することができます。

予測の正しさは、実際の生物の体ができるときに見られる折線図をいくつか例にシミュレーションしてみて、確かめることができます。

例えば、「神経管」という脳や中枢神経系の元となる器官（原基）ができる様子を、シミュレーション（右図）で再現することに私たちは成功しました。

Inoue Y et al Biomech Model Mechanobiol (2016) .



アフリカツメガエルの神経管形成

左のクイズの折線図がどんな形になるのか、実際にシミュレーションしてみましょう。

折り畳みを極めたすごいヤツら！

驚くことに、この折り畳みをふくらませることで、形を作る生き物がいます。

皆さん大好きなアレ♡ そう、カブトムシのツノです。

カブトムシを始めとする完全変態する昆虫たちは、幼虫の終わりに成虫の形の元となる折り畳み構造（成虫原基）を作り、蛹になるときに体液を送ってふくらませます。



折り紙のように折り畳んで完成形を作るのではなく、ふくらましたときに初めて正しい形になるものを、折り畳んだまま作っているのです。細胞たちがですよ！
私たちは、これを 逆折り紙 と呼び、逆折り紙の原理を探求しています。
もしかしたら、クイズの模様には、肢の折りたたみ構造のパーツがあるかもしれませんよ。