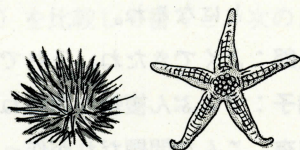


卵割再考



◆西山 豊（大阪）

いままで、ウニの発生とヒトデの発生をみてきた。そこで、卵割の様子を、連載(5)と連載(7)で示した図を参考にして、比較検討してみよう。

ウニ卵の第1卵割は、動物極と植物極とを結ぶ垂直方向の面でおこり、等しい大きさの2個の割球ができる。第2卵割は、第1卵割と直交する垂直な面でおこり、等しい大きさの4個の割球ができる。第3卵割は、赤道面に沿った水平方向の面でおこり、等しい大きさの8個の割球ができる。第4卵割は、動物極側は垂直方向、植物極側は水平方向の面でおこる。水平面の卵割は植物極寄りにおこるので、小割球ができる。

ウニ卵の卵割される面は、第1卵割から第3卵割までは、それぞれ直交する面である。第1卵割の平面を xz 平面とするなら、第2卵割は yz 平面であり、第3卵割は xy 平面となる。直交する平面で卵割がすすむとあるのは、素人にも理解しやすい。

ヒトデ卵もウニ卵も、卵割の様式は「等割」に分類される。つまり、8細胞期までは、ほぼ同じ大きさの割球ができる。ところが、よく見るとわずかに違う。ヒトデ卵は、卵割される平面が直交しているのではなく、等しい大きさの割球が受精膜の中に詰められているという感じである。大きい風船の中に、小さな風船が2個、4個、8個と詰められているという様子である。

一般に、高校の生物の教科書などでは、卵割は、割球の数が2, 4, 8, …と2のべき乗に増えるにしたがって、体積は $1/2, 1/4, 1/8, …$ と減っていく、と説明されている。確かに、外見上は、体積自体が、半分、またその半分に分割されるかのように見える。しかし、この論法でいけば、胞胚期に、どうして卵割腔という空洞ができるのかの説明がつかなくなる。

細胞膜は、成分が蛋白質とリン脂質の2重膜でできている。

受精卵は、受精膜でさえぎられているから、卵自身の細胞膜の材料は、卵割の過程では、外から内部に供給されない。内部であらたに細胞膜が生合成されるかもしれないが、そのような変化は見られない。したがって、細胞膜の総量は、増えも減りもせず一定であるとしたほうがよい。

そうすれば、卵割は、割球の数が増えても、その表面積を全部たせば一定になる。つまり、卵割は、細胞膜の総表面積を一定にしておこなわれる、と考えたほうがよい。このとき、外側の受精膜の大きさが変わらず、その容積が一定であるという付帯条件を追加しておく。

数学的にいえば、球の総表面積を一定にして分割し、その増えたすべての球をもとの球に詰めるという作業になる。

受精卵の最初の半径を r_0 、表面積を S_0 、体積を V_0 とし、2細胞期の割球の半径を r_1 、表面積を S_1 、体積を V_1 とする。総表面積が一定であるから、

$$S_0 = 4\pi r_0^2 = 4\pi r_1^2 \times 2 = S_1$$

より、半径比は、

$$r_1 / r_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

となる。また、総体積の比は、

$$\begin{aligned} V_1 / V_0 &= \frac{4}{3} \pi r_1^3 \times 2 \div \frac{4}{3} \pi r_0^3 \\ &= 2 \cdot (r_1 / r_0)^3 \\ &= 2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^3 \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

となり、半径比と等しくなることに気づく。

2細胞期から4細胞期になるときも、半径比と体積比は上と同じ結果になる。計算によると、割球数が2, 4, 8, …と2のべき乗に増えていくにつれて、割球の半径と総体積は、 $\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2\sqrt{2}}, …$ と減っていく。

割球の数と大きさを図1に示しておく。

分割された割球を、最初の球の内部に詰めていかねばならない。

実際は、受精卵と受精膜の間には、囲卵腔という隙間があり、割球は受精膜に

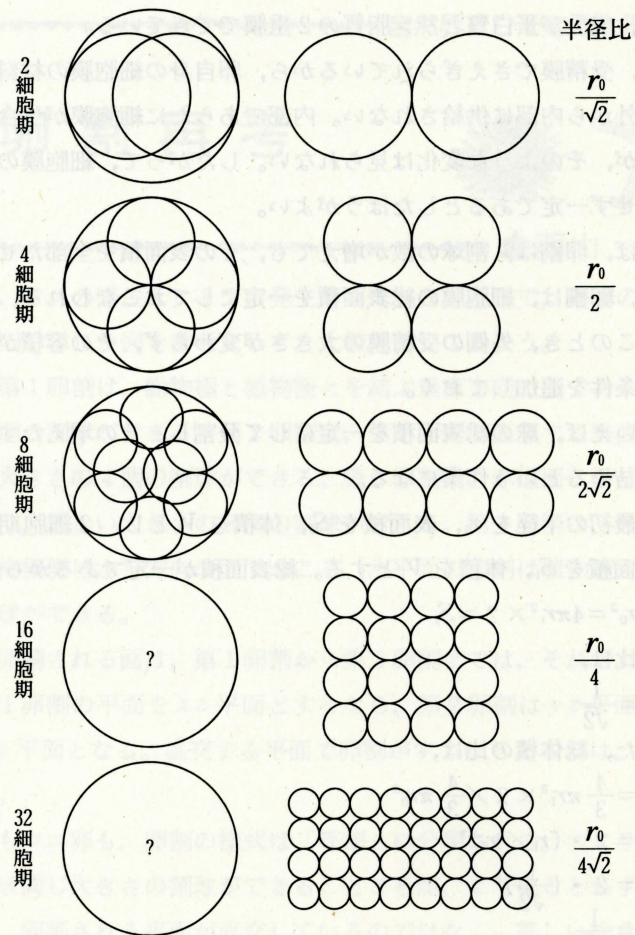


図1 割球の数と大きさ

吸いつけられるから、少し大きめの球に詰め込むことになる。

2, 4細胞期では、割球を詰め込むには大きすぎて、球の形を保つことができない。割球は変形され、楕円体になっている。逆に、このことが、卵割は体積を分割している、というようなイメージを与えているかもしれない。

顕微鏡では、2, 4, 8細胞期までは詳しく観察されるが、それ以上になると観察されにくくなるのは、割球の重なりが原因であろう。

割球の総表面積を一定として、分割した場合の模式図(図1)と実際のヒトデの発生(連載(7)の図1)を比較されたい。卵割腔の空洞を含む、卵割の過程が意外とうまく表現できているように思うのだが。

また、各細胞期の割球半径を、写真から読み取り、初期の半径指数を100としてプロットし、私の理論曲線を重ねてみた(図2)。理論値より観測値のほうが、幾分大きいのは、割球どおしの境界のことが原因と考えられる。

各細胞期の割球は、完全には分離、独立していない。となりあう割球の境界面では、細胞膜が共有しているのではないだろうか。その分だけ細胞膜の材料が余ってくるから、それだけ半径の大きな割球になるのであろう。だから、このことを計算で補正して、理論曲線を引き直せば、もっとうまくフィットすることだろう。

それでも、全体として、かなり近い線が出ているのに満足であった。

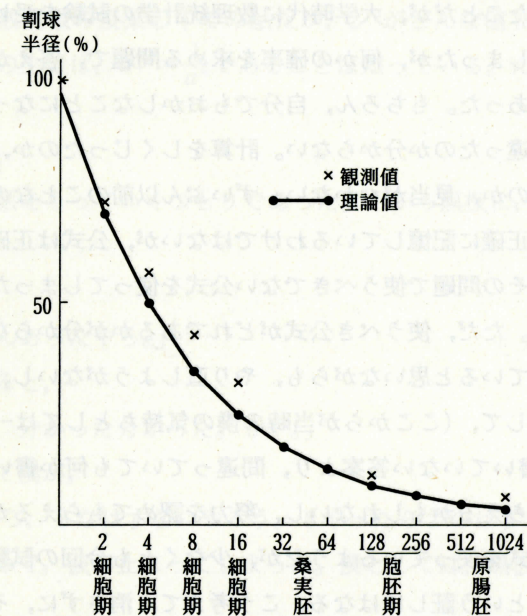


図2 割球半径の推移

(大阪経済大学)