

## ゾウリムシの未熟期と寿命の相関性

高木 由臣<sup>1</sup>, 上江洩 達也<sup>2</sup>, 角谷 沙映<sup>3</sup>, 吉田 実加<sup>2</sup>, 麻生 武<sup>2</sup>  
 (<sup>1</sup>無所属, <sup>2</sup>奈良女子大・人間文化研究科, <sup>3</sup>奈良女子大・理・物理)

Relationship between immaturity period and lifespan in *Paramecium*

Yoshiomi TAKAGI<sup>1</sup>, Tatsuya UEZU<sup>1</sup>, Sae Kakutani<sup>3</sup>, Mika YOSHIDA<sup>2</sup> and Takeshi ASAO<sup>2</sup>  
 (<sup>1</sup>Independent, <sup>2</sup>Humanities and Sci., Nara Women's Univ., <sup>3</sup>Dept. Physics, Nara Women's Univ.)

## SUMMARY

The age structure of *Paramecium caudatum* was computer-simulated using a model culture that mimics its life in nature. After thousands of cell generations, the average and maximum ages were converged to  $43 \pm 2$  and  $140 \pm 5$  fissions, respectively. This indicates that in a natural population the cells of average age are immature and the most elderly cells are still vigorous, because the age of sexual maturation and the maximum clonal lifespan are set at 60 and 600 fissions, respectively, as revealed in laboratory. The average and maximum ages remained unchanged when the initial condition for starting the culture was changed from two complementary mating-type cells to a population with a quadratic-function distribution, and when the fission rate at the log-phase or the death rate at the stationary phase was modified. The average and maximum ages somewhat increased when either the probability of conjugation or the proportion of transplanting cells was lowered. The lifespan changed in correlation with the age at sexual maturity: the average and maximum ages were  $26 \pm 3$  and  $106 \pm 5$  when the immaturity period was set at 30 fissions, and  $80 \pm 30$  and  $165 \pm 45$  when it was set at 120 fissions. Since the correlation between sexual maturation and lifespan cannot work as the *intraspecies* rule as we have shown with *P. tetraurelia* mutants, we conclude that our simulation shows the *interspecies* rule implying the life of *Paramecium* in nature.

**[目的]** ゾウリムシ *Paramecium caudatum* の未熟期は約 60 回分裂、寿命は約 600 回分裂、*P. tetraurelia* のオートガミー未熟期は約 20 回分裂、寿命は約 300 回分裂である<sup>1)</sup>。性成熟期  $T_M$  の長い種は寿命  $T_L$  も長いという傾向は、生物の時間 ( $T$ :  $T_L$  や  $T_M$ ) は体重  $W$  の 4 分の 1 乗に比例するというスケール則 ( $T = aW^{1/4}$ ) に矛盾しない。なぜなら  $T_L$  と  $T_M$  の比は一定で  $T_L = bT_M$  となるからである。我々はこれまで、*P. tetraurelia* の短寿命突然変異体での性成熟期の研究<sup>2, 3)</sup>と、性成熟期の長い突然変異体での寿命の研究<sup>4, 5)</sup>から、種内では  $T_L$  と  $T_M$  は無関係であることを明らかにした。言い換えれば  $T_L = bT_M$  式は種間の法則であって、安易に種内の法則としても成り立つかのよう解釈してはならないことを教えている。一方、このとき用いた  $T_L$  や  $T_M$  の数値は、自然界ではありえないような連続的な分裂を許す培養系で調べたものである。そこで本研究では、ゾウリムシの自然状態での生活史モデルを作成し、コンピューターシミュレーションによって、未熟期の長さを変えたときの寿命の様子を調べた。

**[方法]** ある年齢のゾウリムシをある数だけ (初期条件) 1 リットルの培養液の入ったフラスコに入れ、対数増殖期に  $10^6$  細胞まで増えると定常期になるとした。定常期では成熟期のもののみがある確率で接合し、次のフラスコに移植され対数増殖期へというサイクルが繰り返されるとした。接合を終えた細胞は年齢 0 になり、接合しなかった細胞は年齢が積み

重なる。ここで言う年齢 (歳) は分裂回数 (または分裂回数換算値) を指す。初期条件、対数増殖期での分裂確率、定常期での死亡確率と接合確率、移植率、未熟期の長さを変数として、コンピューターシミュレーションを行い、数千回分裂後のカルチャーでの年齢分布を求めた。

**[結果と考察]** 標準条件を以下のように設定した。初期分布: 0 歳の雌雄 1 匹ずつ; 対数増殖期の分裂確率: 400 歳まで 0.6、以後直線的に低下して最大寿命の 600 歳で 0; 定常期での死亡確率: 200 歳まで 0.01、以後直線的に上昇して 400 歳で 0.2、600 歳で 1; 接合確率: 60 歳まで 0、60 ~ 200 歳まで 0.7、以後直線的に低下して 400 歳で 0; 移植率: 1%; 未熟期の長さ: 60 歳。

標準条件で数千回分裂の年齢を重ねたカルチャーでの平均年齢は  $43 \pm 2$ 、最大年齢は  $140 \pm 5$  であった。平均年齢は、未熟期の 60 歳という年齢よりも若く、最大寿命の 600 歳より遥か以前の壮年期に相当する年齢であった。この結果は、野外で採集したゾウリムシは常に若いという経験的事実とよく符合する。

初期条件を、0 歳 ~ 600 歳のゾウリムシが平均 300 歳で二次関数的に分布する集団としてスタートしても、対数増殖期の分裂確率を 400 歳以降も 0.6 のままとしても、定常期での死亡確率を生涯 0.01 としても、平均年齢は  $43 \pm 2$ 、最大年齢は  $140 \pm 5$  で全く変わらなかった。それに対し、接合確率を 0.4 に落すと、平均年齢  $48 \pm 2$ 、最大年齢  $152 \pm 5$  と少し上昇し、

また 0.1 にまで落すと、平均年齢  $65\pm 2$ 、最大年齢  $188\pm 5$  とさらに上昇した。移植率を 0.1 に落とした場合も、平均年齢  $45\pm 2$ 、最大年齢  $117\pm 8$  と少しだけ上昇した。本研究で最も顕著な結果は、未熟期と寿命が連動的に変わることが示されたことである。即ち未熟期を 60 歳から 30 歳に短縮した場合には平均年齢  $26\pm 3$ 、最大年齢  $106\pm 5$  と短縮し、120 歳に延長したときは平均年齢  $80\pm 30$ 、最大年齢  $165\pm 45$  と延長した。未熟期を 30 歳から 200 歳まで 1 歳ずつ上げるシミュレーションも行ったが、集団の平均的な年齢は常に未熟期間内にあり、最大寿命は全シミュレーションを通じて 250 歳以下で、実験室で判明した 600 歳というような年齢に近いものは全く出現しなかった。

これらの結果は、実験による結果からは分からない

かった自然界でのゾウリムシの生活様式の特徴を伺わせた。即ち、1) 老化現象が顕在化する遙か以前に世代交代が起こっていること、2) 集団の平均的な年齢は未熟期にあること、3) 未熟期と寿命は正の相関関係を示すこと、などである。

#### [文献]

- 1) Takagi Y. (1988) Aging. In "*Paramecium*" (ed. H-D. Görtz) pp. 131-140. Springer Verlag, Berlin.
- 2) Takagi Y. et al. (1987) Zool Sci. 4: 73-80.
- 3) Takagi Y. et al. (1989) Genetics 123: 749-754.
- 4) Komori R. et al. (2004) Mech. Ageing Dev. 125: 603-613.
- 5) Komori R. et al. (2005) Mech. Ageing Dev. 126: 752-759.