$$\frac{dN_\sigma}{dt} = m_\sigma N_\sigma + \sum_{\sigma'} \mu_{\sigma\sigma'} N_{\sigma'} \tag{1}$$

と書かれるが，全突然変異率 $\mu \equiv \sum_{\sigma(\neq\sigma')} \mu_{\sigma\sigma'}$ が σ' によらぬ定数で，$\{m_\sigma\}$ は σ，t には依存してもよいが，μ にはよらぬとすると，

$$v/\mu = 1 + \partial\overline{m}/\partial\mu \tag{2}$$

であることが証明される。[4] たゞし，$\overline{m}$ は m_σ の集団平均である。進化速度 v は進化学レベルではミクロの量であり，$\overline{m}$ は集団レベルではマクロの量であって，このように 2 つのレベルの量がかなり一般的に結びつけられるのは興味深い。これに基づく研究の進展を期待したい。

---

1) 松田博嗣：数理科学 178 (1978), 33.

2) 松田博嗣・石井一成：生物集団と進化の数理（岩波書店，1980）

3) 松田博嗣：日本物理学会誌 37 (1982), 368.

4) K. Ishii, H. Matsuda and N. Ogita: J. Math. Biol. **14** (1982), 327.

生物集団の遷移

立命館大・理工　　中　島　久　男

今世紀においてV. Volterra, A. J. Lotka等によって始められた生態系の数理的取り扱いは，その後も多くの研究者によって解析され発展してきているが，それらの研究を概観してみると，問題を扱う方法や観点において二つの異った立場がある。一つは力学的方法といわれるもので，系を構成する各生物種の個体数（個体群密度）を系の状態変数にとり，その時間的変化を多くの場合，非線型連立微分方程式を用いて記述し，平衡点の力学的安定性，周期解の存在などを考察し，種々の生態系の現象を説明するものである。もう一方，この力学的方法とは別に，生態系の個々の生物種の性質を問題にするのではなく，系全体としての種々の生物学的量（例えば系内の生体エネルギーの流れや，系の多様度等）を用いて，生物現象の一般的な性質を導いたり，それらの量の性質から，生物現象の説明をする試みがなされている。

生態系において，各々の生物種の個体数が変動する時間スケールよりもっと長い時間スケールの現象として，遷移や進化の過程がある。それらの過程における変化の方向性と，上に述べ

たような系の巨視的量との関連についての幾つかの主張がこれまでなされている。A. J. Lotka はエネルギー論の立場から，進化によってエネルギー流が増加すると主張している。そこでは「自己の生存のために系内にある利用可能なエネルギーをより多く利用するものが生存競争において優位を占めることは原理である。この原理が認められるならば，自然選択の過程で，より多くのエネルギーを利用する種が生き残り，系のエネルギー流は増加する。」と述べられている。これに対して，H. T. Odum は Lotka のいうエネルギー流に対して，エネルギー流とその流れを引き起こす力との積として定義される“power”が増大するとしている。しかしそこではエネルギー流を引き起こす力とはいかなるものかについては論じられていない。またD. R. Margaletは「遷移と変化の過程で系の成熟度が増す。」という仮説を出している。系の総代謝率 $\pi=$（単位面積あたり，単位時間あたりの第１次生産者の生産量）/（単位面積あたりの全生体量）でもって成熟度を測ることができ，成熟度の高い系ほど総代謝率が小さくなっている。

上記の他にも，進化や遷移の過程において，系を構成する種の多様性が増すとか，系が複雑になり，系の安定性が増すなどともいわれている。しかし多くの議論は観察や観測に基づくものであるが，その厳密性，理論的検討など多くの残された問題がある。そこで我々は簡単な遷移のモデルを用い計算機によるシミュレーションを行い，遷移の非可逆性を特徴づける生物学的な量を見い出す試みを行った。

モデルは捕食者と被捕食者からなる二栄養段階の系とし，種間および種内相互作用はLotka-Volterra 型とした。x_iを被捕食者の生体量，y_kを捕食者の生体量とすると

$$\frac{\mathrm{d}x_i}{\mathrm{d}t}=\left(K_i-\sum_j a_{ij}x_j-\sum_l b_{il}y_l\right)x_i\quad (i=1,\cdots\cdots,\ n)$$

$$\frac{\mathrm{d}y_k}{\mathrm{d}t}=\left(-r_k+\sum_j b'_{kj}x_j\right)y_k\qquad (k=1,\cdots\cdots,\ m)$$

となる。ここで K_iは種 i の carrying capacity に対応する量で，a_{ij}は競争係数，b_{il}, b'_{kj} は捕食係数である。このような系で（定常状態）→（他種の侵入）→（別の定常状態）→（他種の侵入）→……の繰り返しによって遷移過程をシミュレートした。現在まで $m=1$，$b_{ik}/b'_{ik}=\beta$（$i=1$，……，n）の条件では

$$\mathrm{G}=\sum_i K_i x_i+\sum_i b_{ik}x_i y_k\quad (k=1)$$

という量が遷移の過程で増加することがわかった。これはLotka のいうエネルギー流増加に対応した結論となっている。