

JAMB Newsletter No. 24

数理生物学懇談会
ニュースレター

第24号

1997年12月

*Japanese Association
for
Mathematical Biology*

NewsLetter編集局移転のお知らせ

10月13日に開かれた数理生物学懇談会総会で、今後2年間NewsLetter編集局を静岡大学工学部システム工学科の青木さん、竹内さん、吉村さん、藤さんにお願ひすることが決まりました。本号(第24号)から、新編集局の編集によるニュースレターをお届けることとなります。さっそく、新しい企画がスタートするなど新編集局の意欲があふれた紙面となりました。NewsLetterについてのご意見や原稿の投稿などは、新しい編集局の方へお願ひします。連絡先は、裏表紙見返しに掲載されています。

なお、今回の移転はNewsLetter編集局だけで、事務局は残り1年今まで通り大阪女子大学学芸学部基礎理学科数理環境科学研究室を中心とする大阪地区のメンバーで運営されます。住所変更、入会希望、会の運営に対するお問ひ合わせやご意見は大阪女子大学の事務局メンバーまでお願ひします。

数理生物学懇談会事務局

〒590-0035 大阪府堺市大仙町2-1

大阪女子大学学芸学部基礎理学科

数理環境科学研究室内

FAX:0722-22-4791

難波 利幸 tel:0722-22-4811(内344)

email : tnamba@center.osaka-wu.ac.jp

江副 日出夫 tel:0722-22-4811(内323)

email : hezoe@center.osaka-wu.ac.jp

時間遅れをもつ微分方程式

— 入門以前 —

大阪府立大・数理工学科 原 惟行

まえがき

近年、生態系モデルの微分方程式には、時間遅れ (タイムラグ) をもつ方程式を採用することが普通になって来ています。ところが、常微分方程式に関しては、大学の2年生あたりで解法や簡単な基礎理論を習うのですが、時間遅れをもつ常微分方程式に関しては、現在のところ、大学の通常の基礎科目のカリキュラムには入っておりません。そこで、本稿では、時間遅れをもつ常微分方程式の簡単な紹介をしてみようと思います。内容的には入門というより、門を遠くから眺めながら近づき、門外から門内を少しのぞいてみようというものです。

1. ロジスティック方程式

まず、実例から入ります。次のグラフは、皆さんよく御存知のヒツジの個体数の成長を表しています。

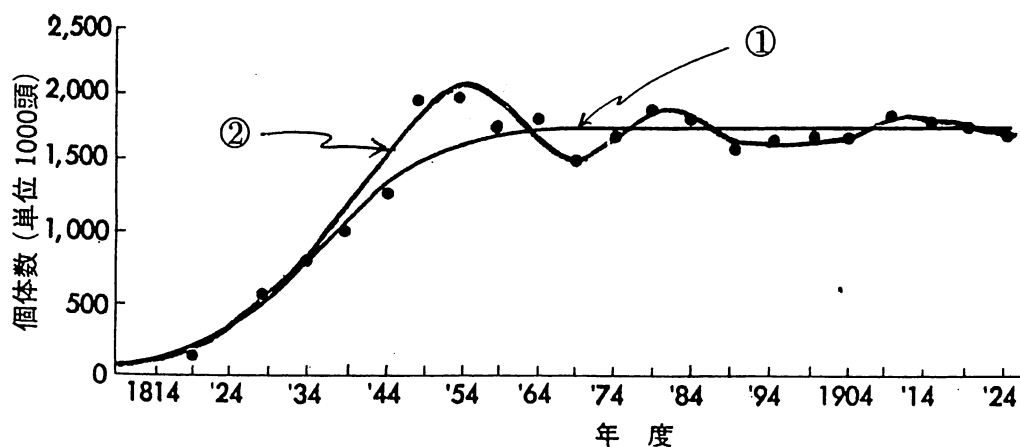


図 1. タスマニアにおけるヒツジ個体群の生長
各点は、5年間の平均頭数を表わす。(J. DAVIDSON, 1938.)

図 1 において、黒い点が具体的に統計データに基づいてプロットしたヒツジの頭数で、それを単純化して近似したものが ① の曲線です。この曲線 ① を記述する

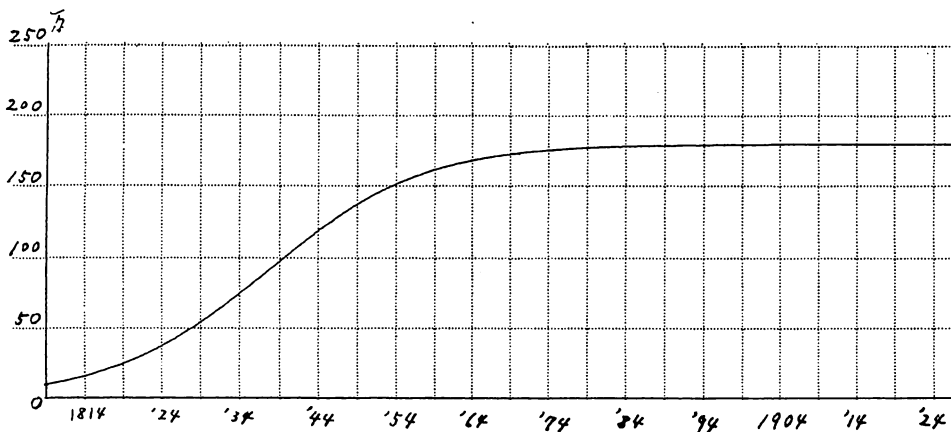
ために用いられたのが、ロジスティック方程式

$$x'(t) = rx(t) \left\{ 1 - \frac{x(t)}{K} \right\} \quad \left(' = \frac{d}{dt} \right) \quad (1)$$

です。今の場合、図1の①に適合するように r, K を

$$\begin{cases} x'(t) = x(t) \left\{ 1 - \frac{x(t)}{180} \right\} \\ x(0) = 10 \end{cases} \quad (1')$$

と決めコンピューターで解を描かせてみると、下図のようになり図1の曲線①とほぼ一致します。



しかし、図1において、統計データに基づいてヒツジの頭数の変化を見ると、増減をくり返しながらか次第に180万頭に近づいていることがわかります。ですから、(1)という方程式では、このヒツジの頭数の変化がうまくとらえられていないことがわかります。図1における統計データの増減を考慮して曲線化したものが②です。この曲線②を再現するには、方程式(1)をどのように修正したらよいのでしょうか？

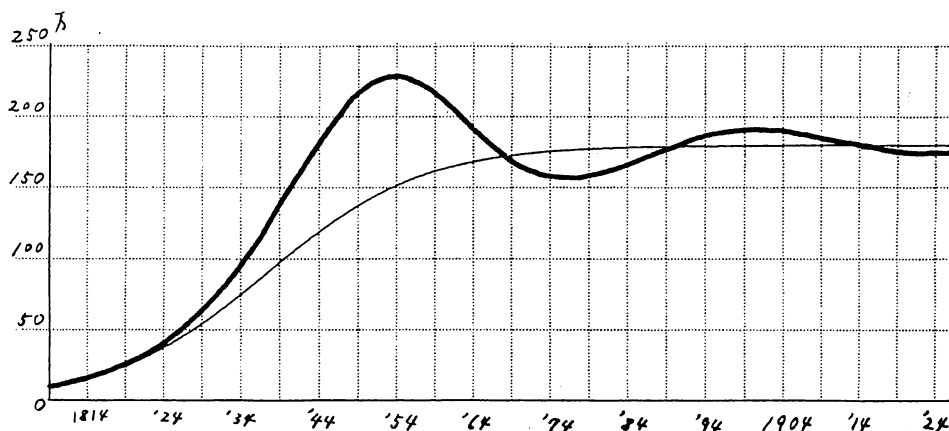
ここで登場するのが時間遅れをもつロジスティック方程式

$$x'(t) = rx(t) \left\{ 1 - \frac{x(t-\tau)}{K} \right\} \quad (2)$$

です。(2)において τ が時間遅れ(タイムラグ)です。(2)は個体当たりの増加率が現時点より τ だけ前の時刻の個体数によって決定されるという事実を考慮に入れた方程式です。さて(2)における定数 r, K, τ を

$$\begin{cases} x'(t) = x(t) \left\{ 1 - \frac{x(t-1)}{180} \right\} \\ x(0) = 10 \end{cases} \quad (2')$$

と決め、コンピューターで解を描かせてみると、下図の太線が解曲線になります。



この解曲線は図1の曲線②とは正確には一致していませんが、ヒツジの頭数が増減をくり返しながら、180万頭に近づいてることは再現できています。このように、個体数の変化を表わす方程式としては、時間遅れをもつ微分方程式が有効らしいことがわかります。

以下、時間遅れをもつ常微分方程式として、一番簡単な1次元の定数係数線形微分差分方程式について考えてみることにします。

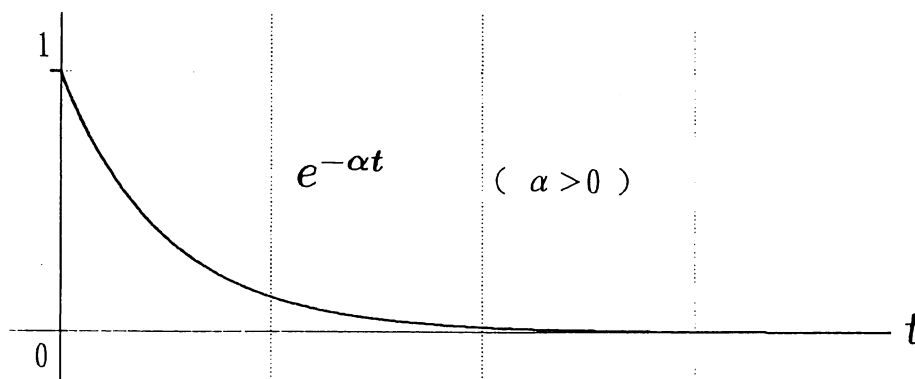
2. 1次元線形微分差分方程式

まず、1次元の線形常微分方程式

$$x' = -\alpha x \quad \left(' = \frac{d}{dt} \right) \quad (3)$$

$$x(0) = 1 \quad (\text{初期条件}) \quad (4)$$

の厳密解は $x(t) = e^{-\alpha t}$ であり、解曲線が下図のようになることは、高校または大学2年までに学習済みです。



ここで (3) は、あえて書けば

$$x'(t) = -\alpha x(t-0) \quad (3')$$

であり、時間遅れのない常微分方程式といえます。

さて (3') に対して、時間遅れのある線形微分差分方程式

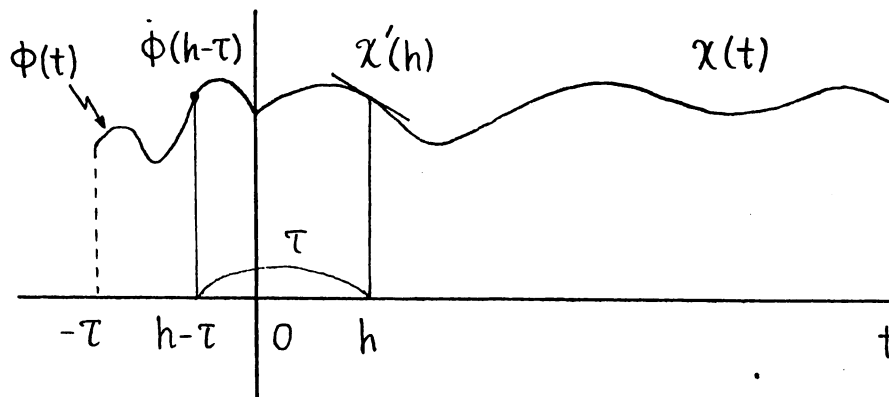
$$x'(t) = -\alpha x(t-\tau) \quad (\tau > 0) \quad (5)$$

を考えてみましょう。ここでの目標は、

方程式 (3') と比べて、方程式 (5) の解 $x(t)$ は時間遅れ τ によってどのような影響を受けるか？

という問題を解明することです。以下、話を簡単にするために、初期時刻は $t = 0$ にしておきます。

時間遅れのない方程式 (3) に対する初期値問題は、初期時刻における初期値 (4) を与えるだけで良かったのですが、方程式 (5) に対する初期値問題は、初期区間 $-\tau \leq t \leq 0$ における初期関数 $\phi(t)$ を与える必要が出てきます。



これは方程式 (5) において、 $t = h$ ($0 \leq h \leq \tau$) における $x'(h)$ を決定するためには、右辺の $-\alpha x(h-\tau)$ という値 [$x(h-\tau) \equiv \phi(h-\tau)$] が必要であるという事情によります。

さて (3), (4) を満たす解 $x(t) = e^{-\alpha t}$ を求める方法をふり返ってみましょう。(3) が $x(t) = e^{\lambda t}$ という形の解をもつとして、これを (3) に代入すると

$$\lambda e^{\lambda t} = -\alpha e^{\lambda t}$$

となるから、両辺を $e^{\lambda t}$ で割ると

$$\lambda = -\alpha$$

が得られるというわけです。

同様な方法を方程式 (5) に適用してみましょう。すなわち、(5) が $x(t) = e^{\lambda t}$ という解をもつとして、これを (5) に代入すると

$$\lambda e^{\lambda t} = -\alpha e^{\lambda(t-\tau)} = -\alpha e^{\lambda t} e^{-\lambda \tau}$$

となるから両辺を $e^{\lambda t}$ で割ると

$$\lambda = -\alpha e^{-\lambda \tau}$$

が得られます。これを变形すると

$$\lambda e^{\lambda \tau} = -\alpha \tag{6}$$

となります。(6) を (5) の特性方程式と呼びます。 $\tau = 0$ の場合は (6) より

$$\lambda = -\alpha$$

となるのですが、 $\tau > 0$ であると (6) は代数方程式ではなく超越方程式になり、 λ に関して explicit に解けません。(複素数の範囲で考えると、(6) の解 λ は一般には無限個存在することがわかっています。) つまり (6) が λ に関して explicit に解けないため (5) の厳密解が求まらないのです。このように一番簡単な時間遅れをもつ微分差分方程式 (5) でさえ解けないという事実が、時間遅れをもつ微分方程式の解析を困難にし、大学2年生あたりの基礎教育科目で教えにくい原因となっています。

(5) の厳密解でさえ求まらないので、時間遅れをもつ微分方程式の数学としての研究は、解を具体的に求めることではなく解の性質を調べるという研究になって来ています。すなわち、時間遅れをもつ微分方程式の解の定性的研究ということになります。

ところで、前にも述べてきましたが、時間遅れのない常微分方程式 (3), (4) を満たす解は $x(t) = e^{-\alpha t}$ であるから、 $x(t) \rightarrow 0$ as $t \rightarrow \infty$ となるための必要十分条件は $\alpha > 0$ となります。それでは、時間遅れをもつ微分差分方程式 (5) の解も $\alpha > 0$ ならば

$$x(t) \rightarrow 0 \quad \text{as } t \rightarrow \infty$$

となるのでしょうか？ 次の節ではこの問題についてコンピューターで実験をしながら考えて行きたいと思います。

3. コンピューターによる実験

時間遅れをもたない常微分方程式 (3) の解と時間遅れをもつ微分方程式 (5) の解を比較するために、次のような実験をすることにします。

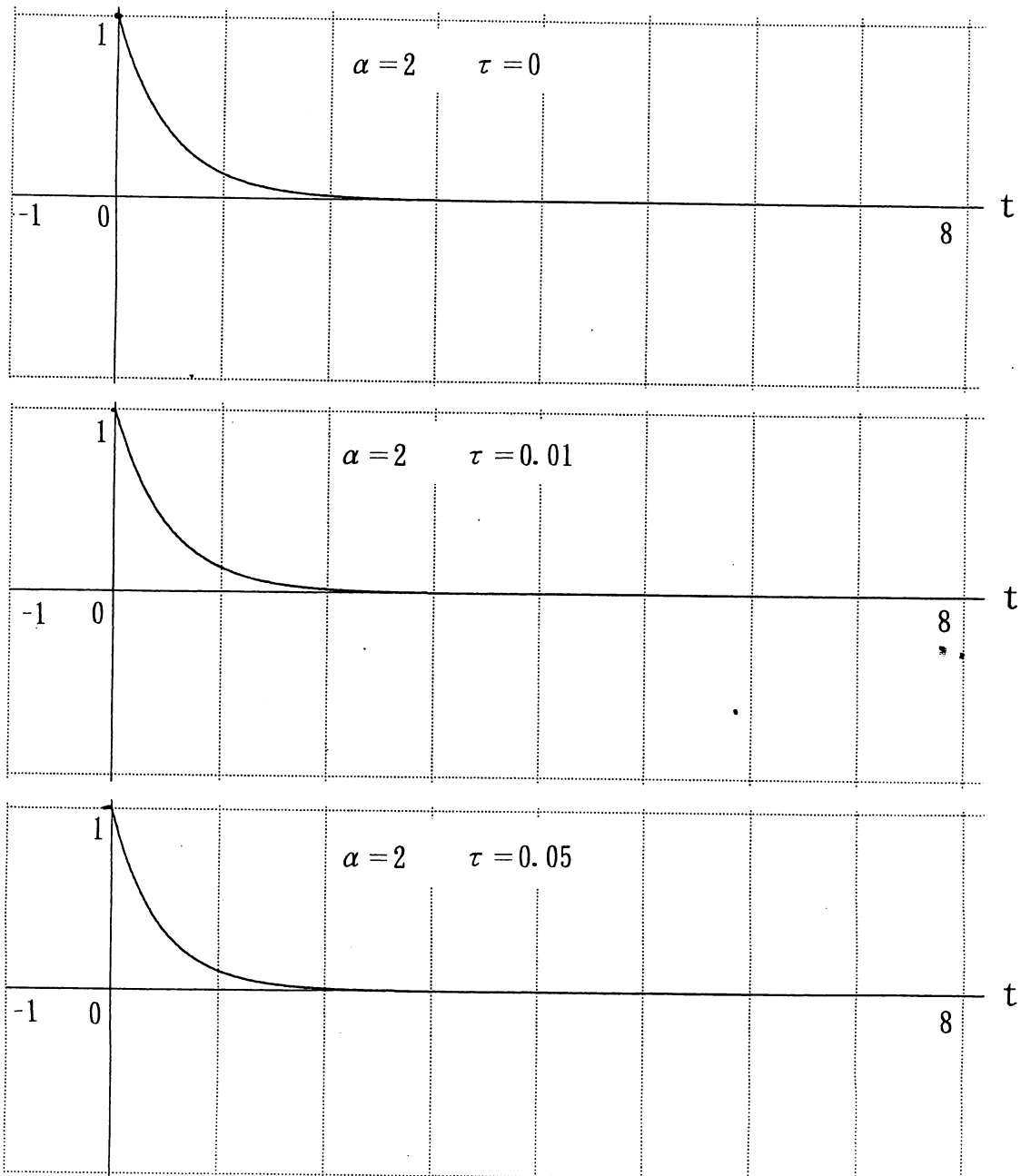
まず、1次元線形微分差分方程式

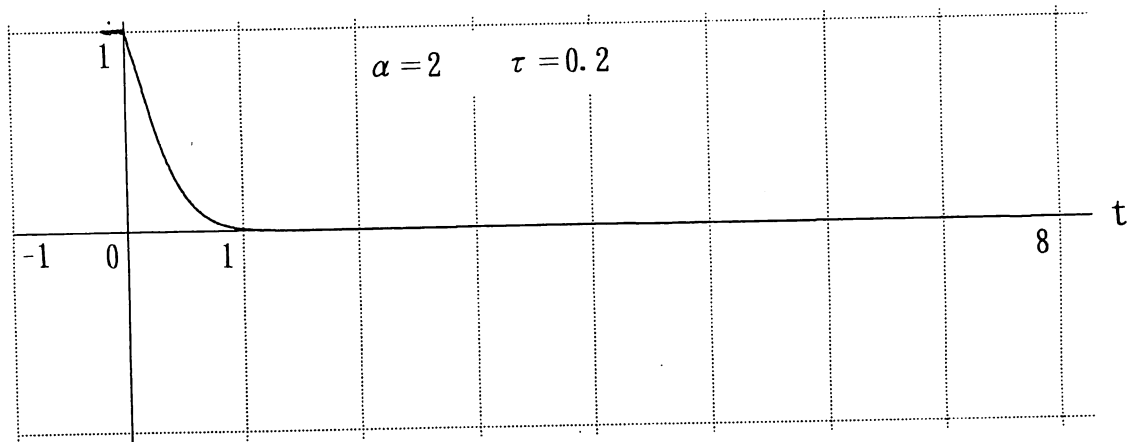
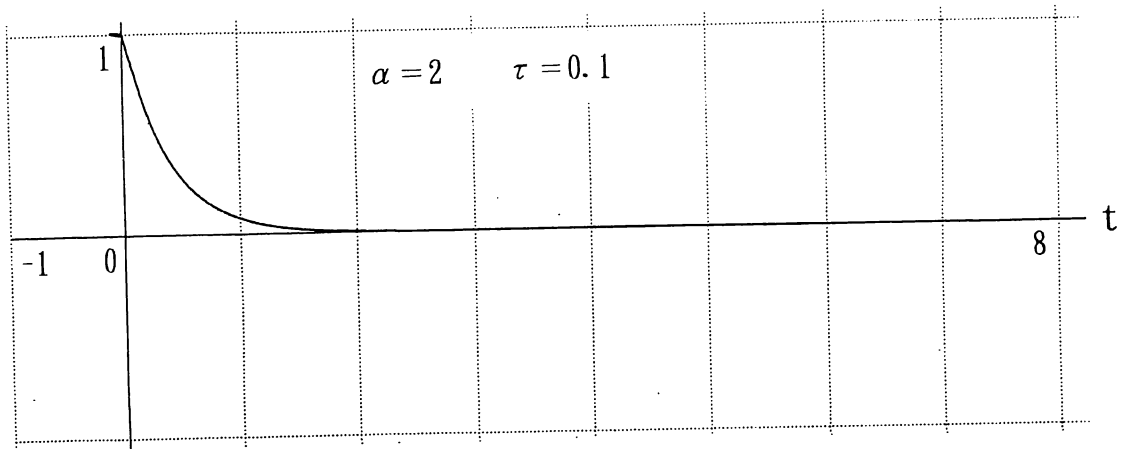
$$x'(t) = -\alpha x(t - \tau) \quad (\tau > 0) \quad (5)$$

において $\alpha = 2$ として時間遅れ τ を

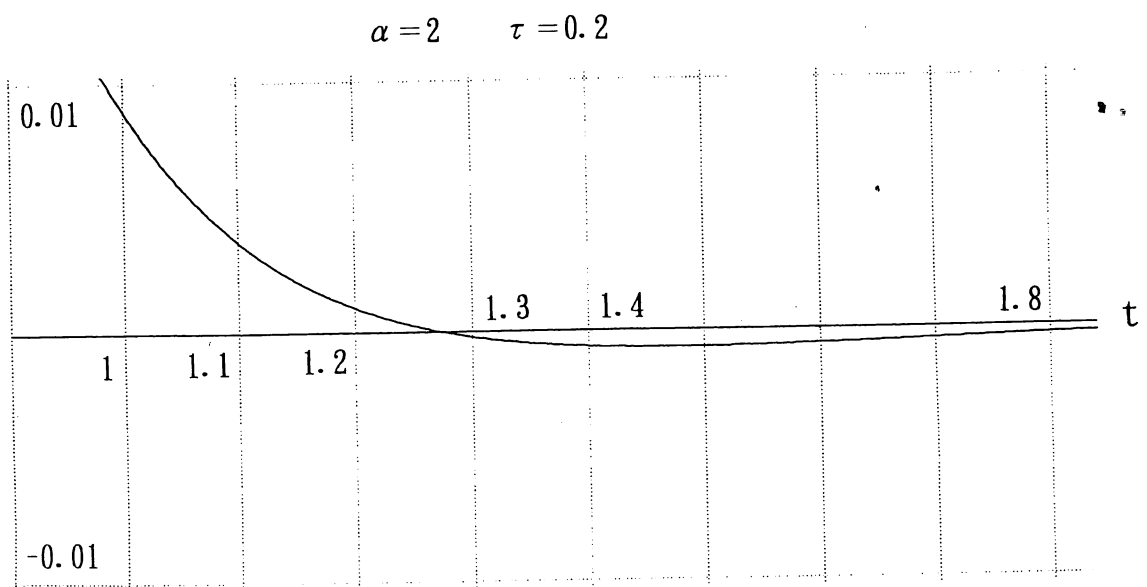
$$\tau = 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, \dots, 0.8, 0.9, 1$$

と変化させて、コンピューターにより解曲線を描かせてみよう。話を簡単にするために、初期関数を $\phi(t) \equiv 1$ としておく。

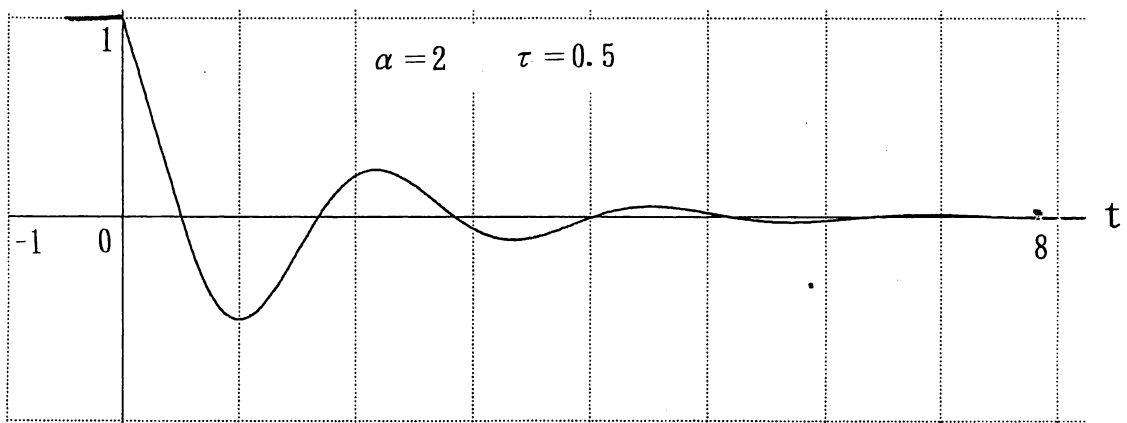
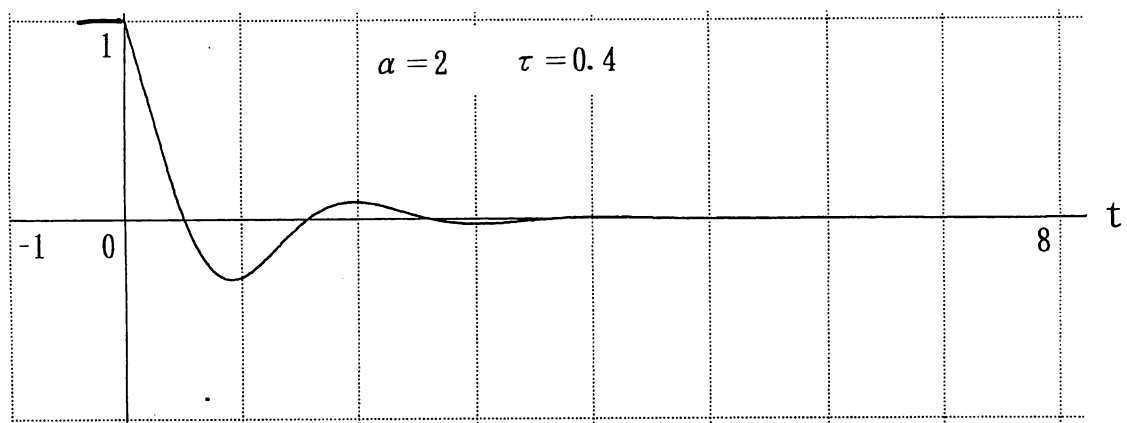
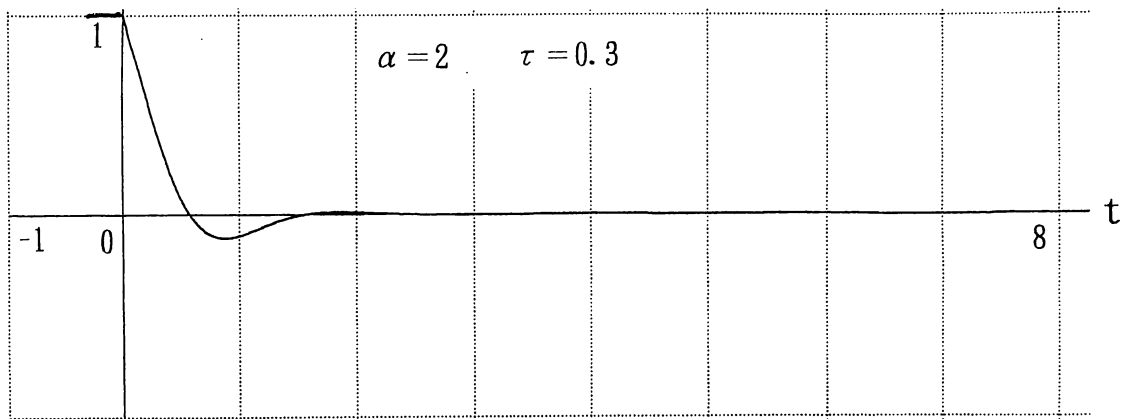




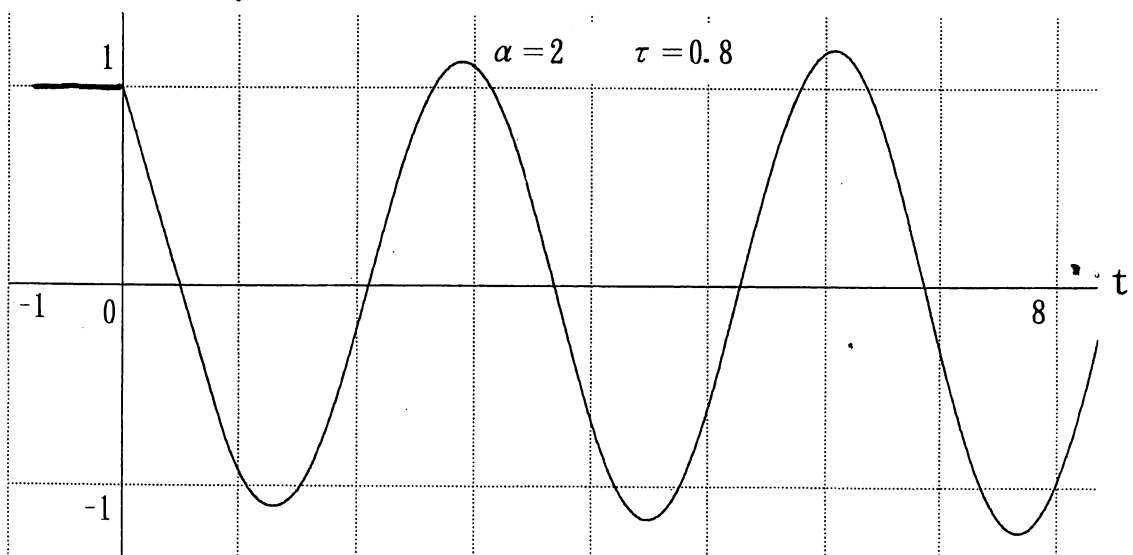
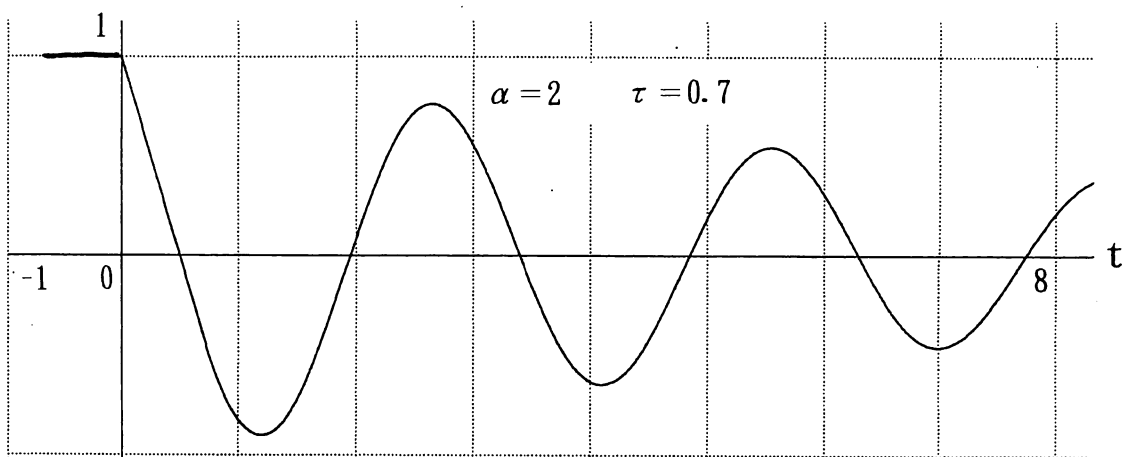
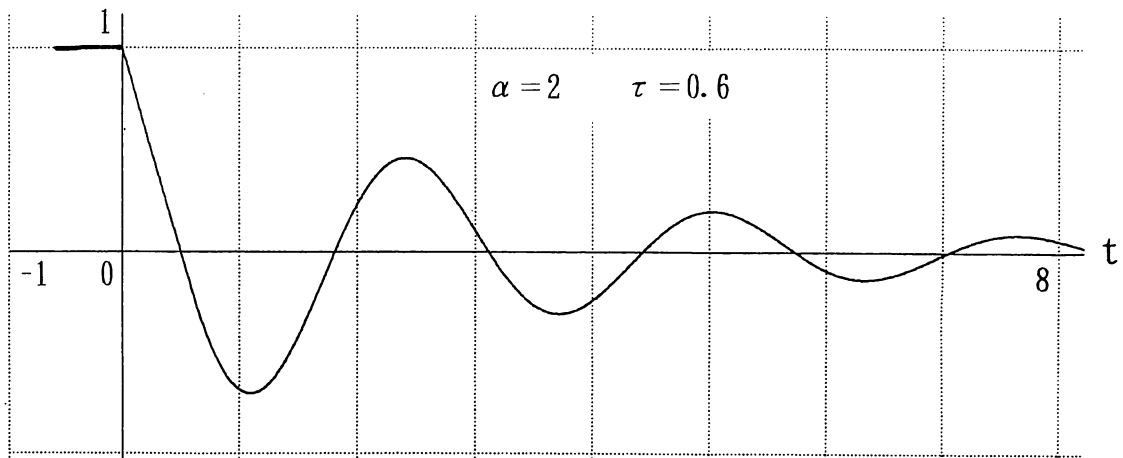
$\tau = 0.2$ のとき t 軸の近傍をたて方向に 100 倍, よこ方向に 10 倍に拡大してみると下図のように解は $t = 1.3$ のあたりで t 軸を横切っていることが観察されます。



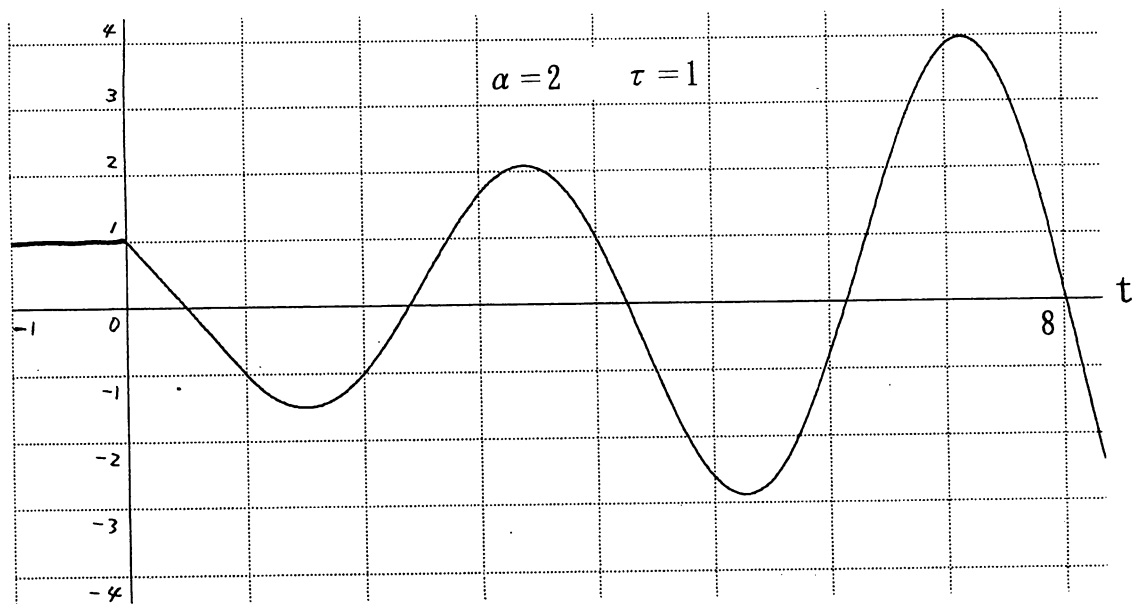
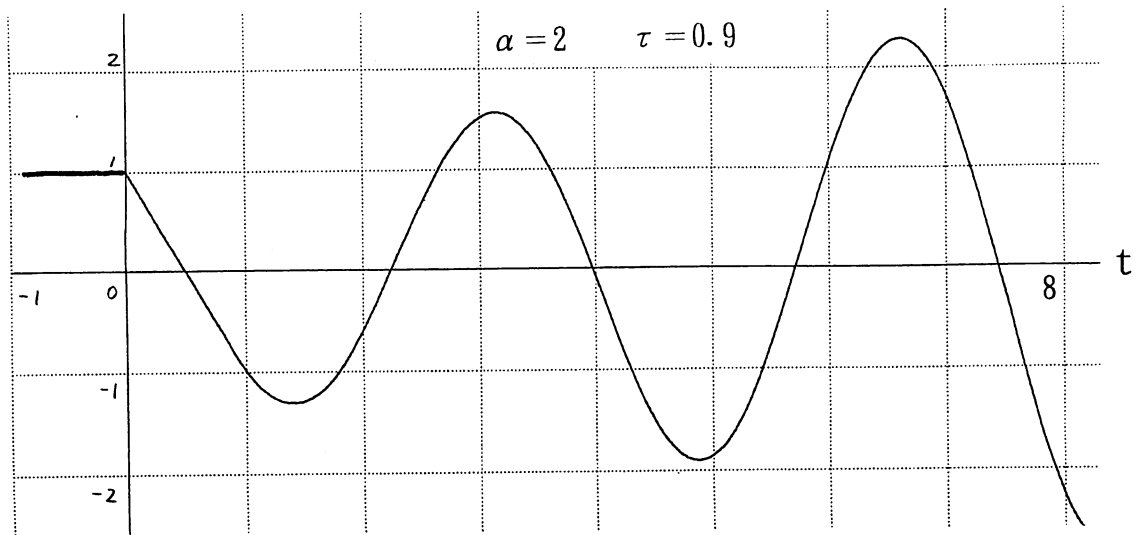
$\tau = 0.3$ になるとスケールを拡大しなくても解が t 軸を横切ることが見えます。



このように τ が増加すると解は振動し始める様子わかります。また解の振幅も少しずつ大きくなって行くようです。



$\tau = 0.6, 0.7$ では解は減衰していることがわかりますが、 $\tau = 0.8$ に近くなると解の振幅が一定になってくる様子が見えてきます。



$\tau = 0.9, 1$ では明らかに解が振動しながら発散していくことが見てとれます。

以上の解軌道図からわかることは、(5) の解は τ がほぼ 0.2 までは振動しないで 0 に収束し、 τ がほぼ 0.2 からほぼ 0.8 までは振動しながら 0 に収束し、 τ がほぼ 0.8 を越えると振動しながら発散していくということです。特に $\tau = 0.8$ のとき、解 $x(t)$ はコサインカーブのように見えます。

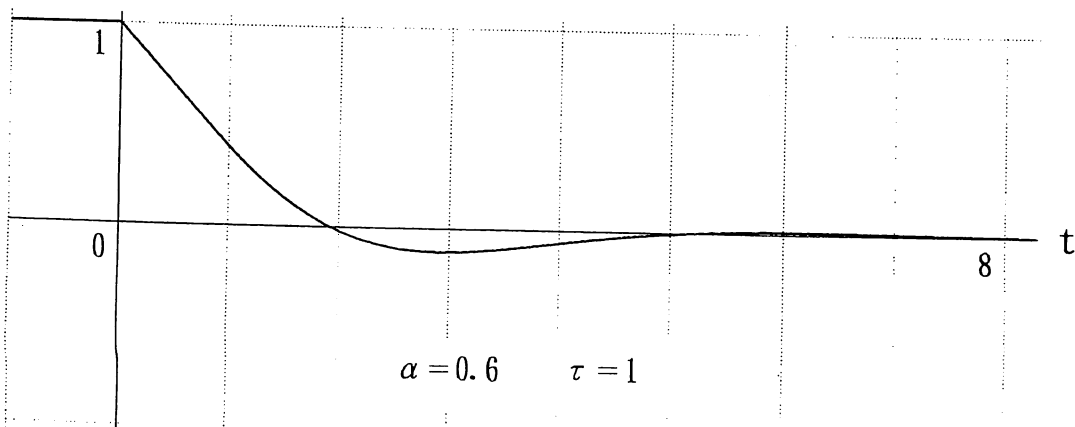
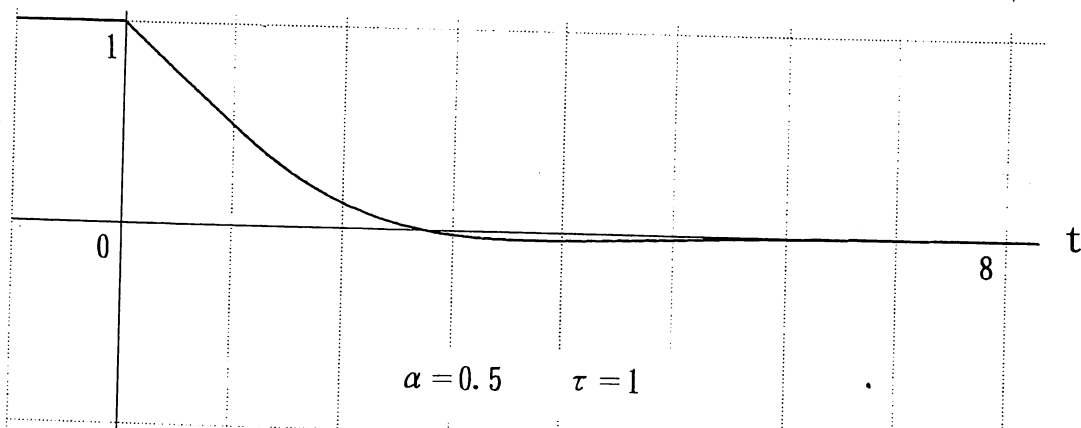
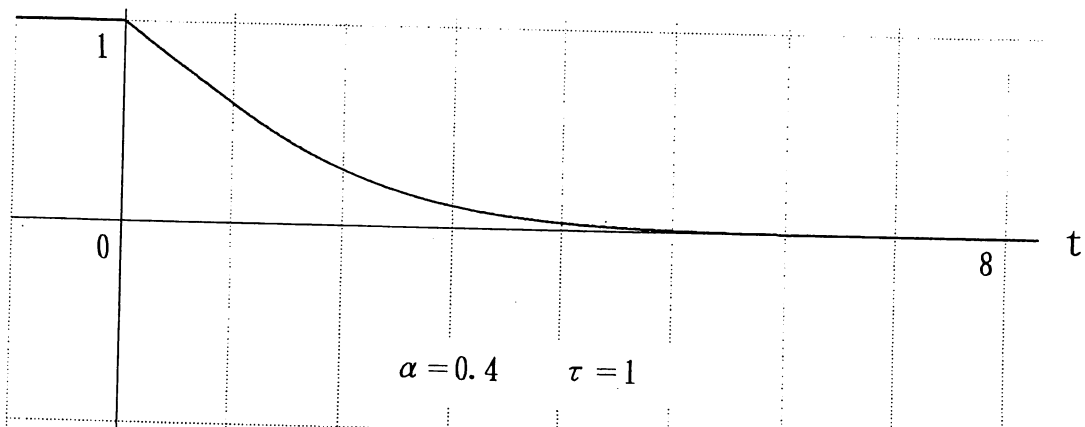
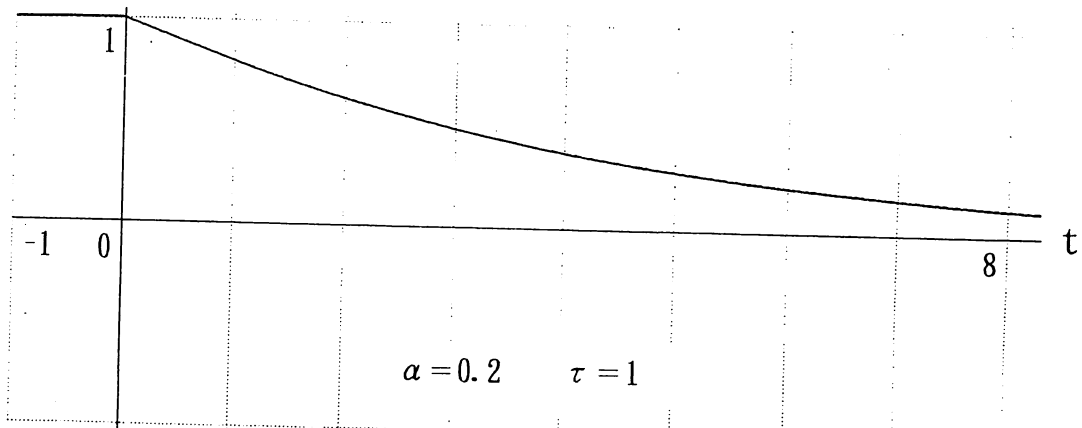
次に方程式

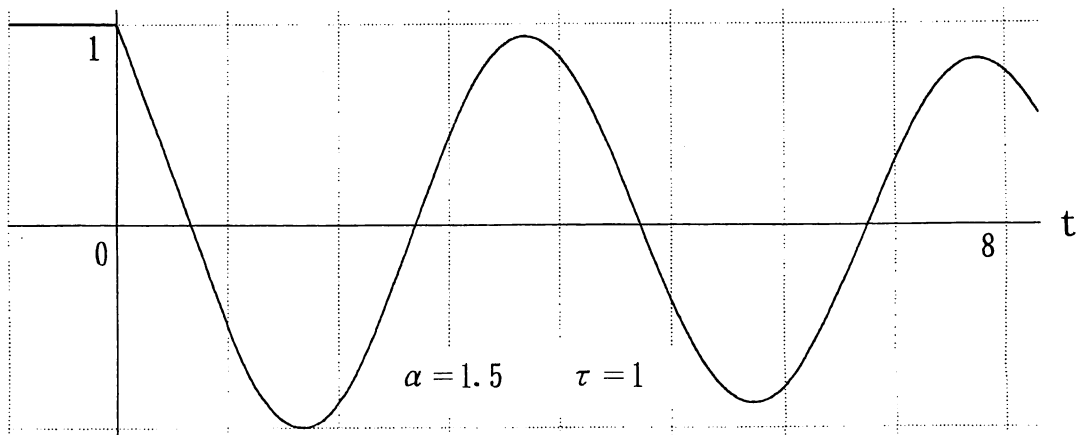
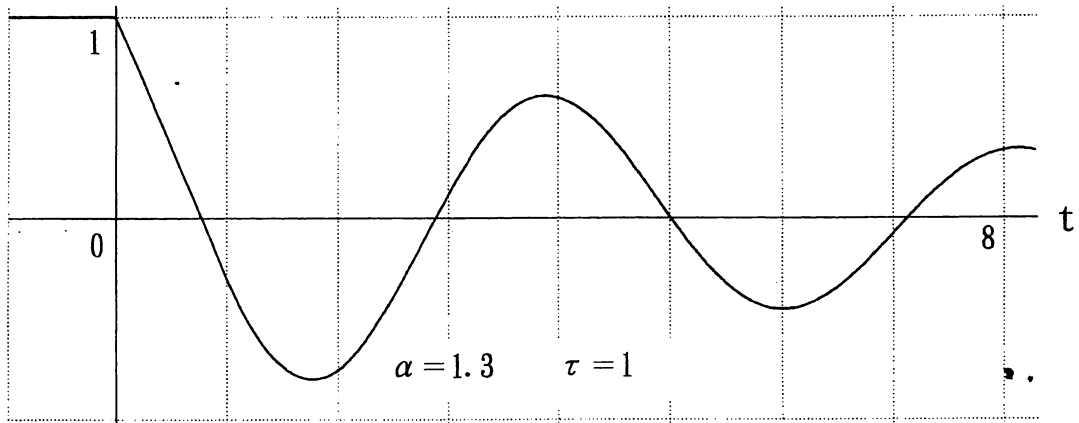
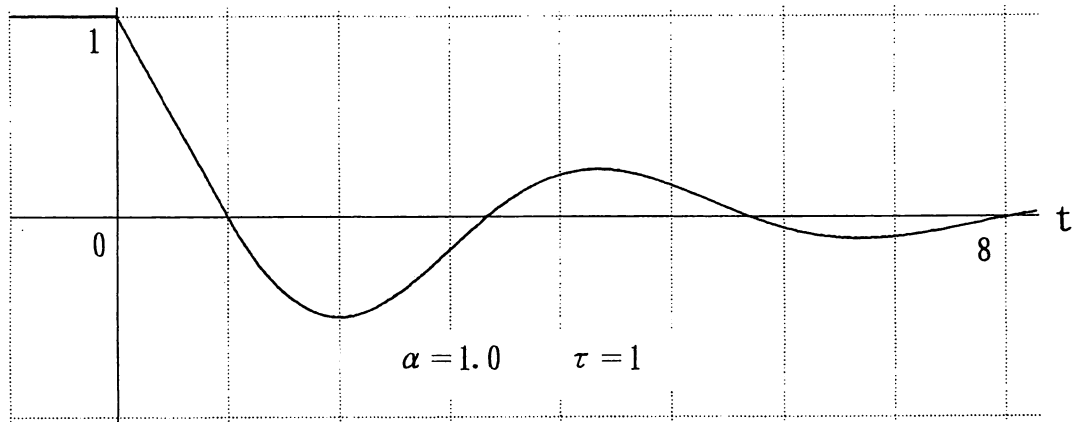
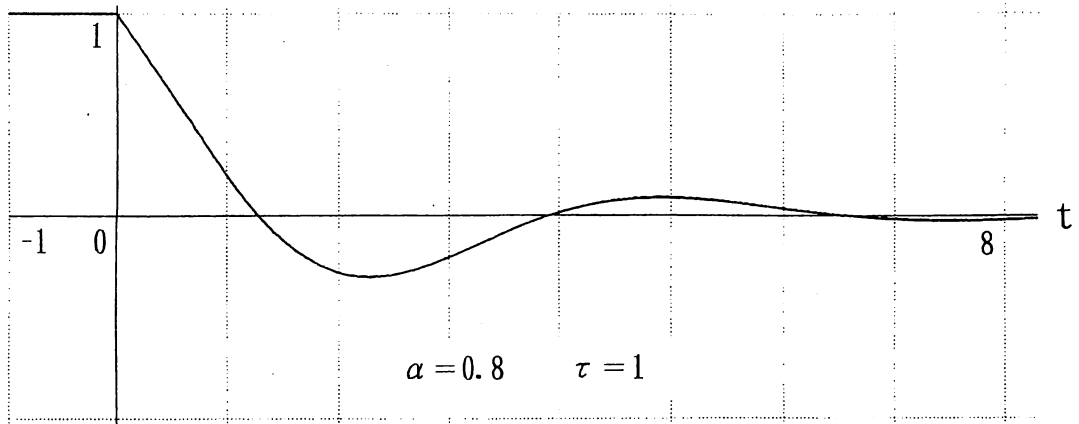
$$x'(t) = -\alpha x(t - \tau) \quad (\tau > 0) \quad (5)$$

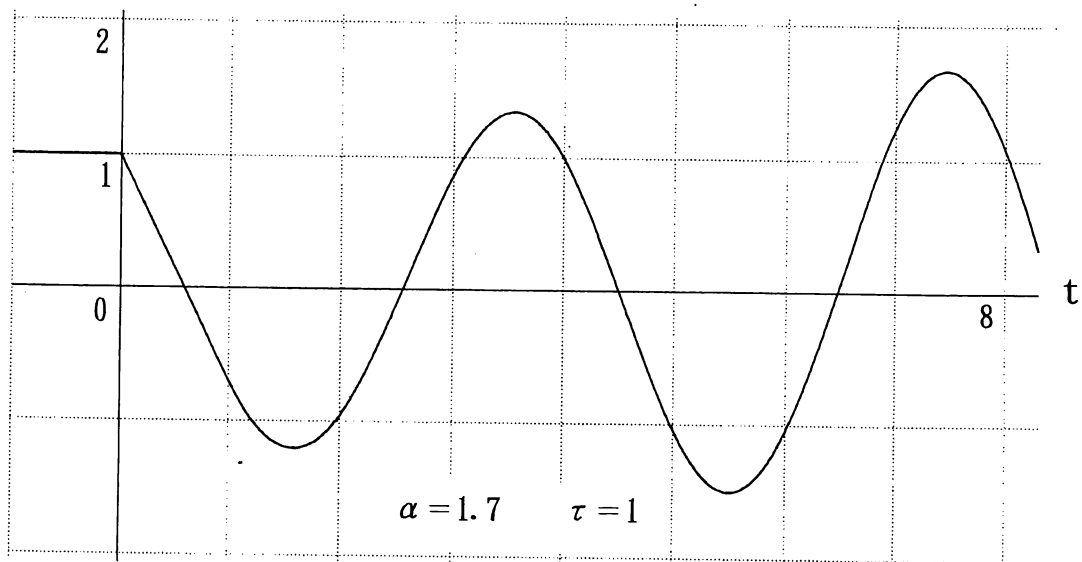
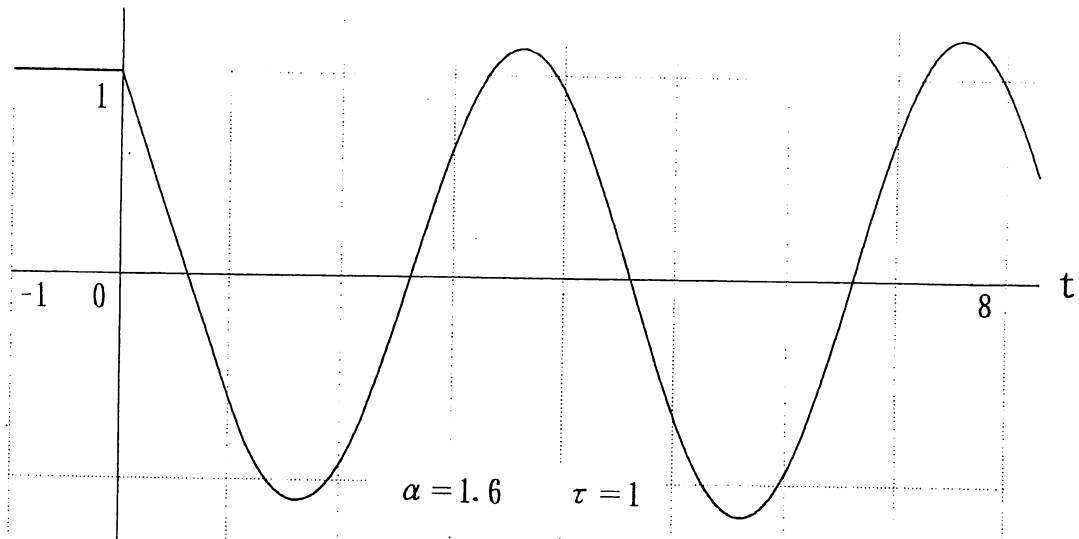
において $\tau = 1$ として係数 α を

$$\alpha = 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, \dots, 1.7$$

と変化させて、コンピューターにより解曲線を描かせてみよう。話を簡単にするために、ここでも初期関数を $\phi(t) \equiv 1$ としておきます。







以上の解軌道図からわかることは、ここでも (5) の解は α がほぼ 0.4 までは振動しないで 0 に収束し、 α が 0.4 を越えると 1.5 ぐらいまでは振動しながら 0 に収束し、 α が 1.5 を越えると振動しながら発散していくということです。特に $\alpha = 1.5$ と 1.6 の間で解 $x(t)$ はコサインカーブのように見えます。ためしにコサインという解があるかどうか確かめてみましょう。

$x(t) = \cos \omega t$ という解があるとしてこれを (5) に代入すると

$$\text{左辺} = -\omega \sin \omega t \tag{7}$$

$$\text{右辺} = -\alpha \cos \omega(t - \tau) = -\alpha \cos(\omega t - \omega \tau) \tag{8}$$

となり、これより (7) = (8) となるためには

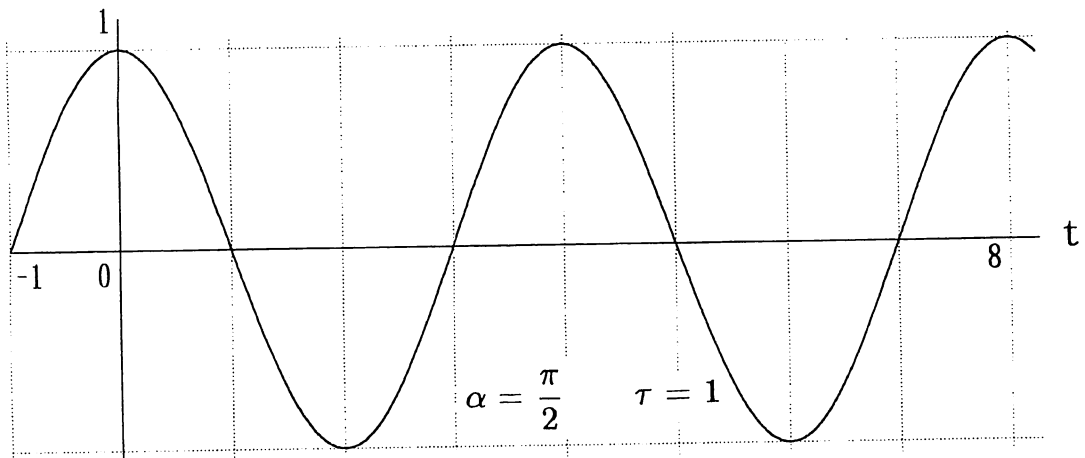
$$\alpha = \omega \quad \text{かつ} \quad \omega \tau = \frac{\pi}{2}$$

であればよい。即ち

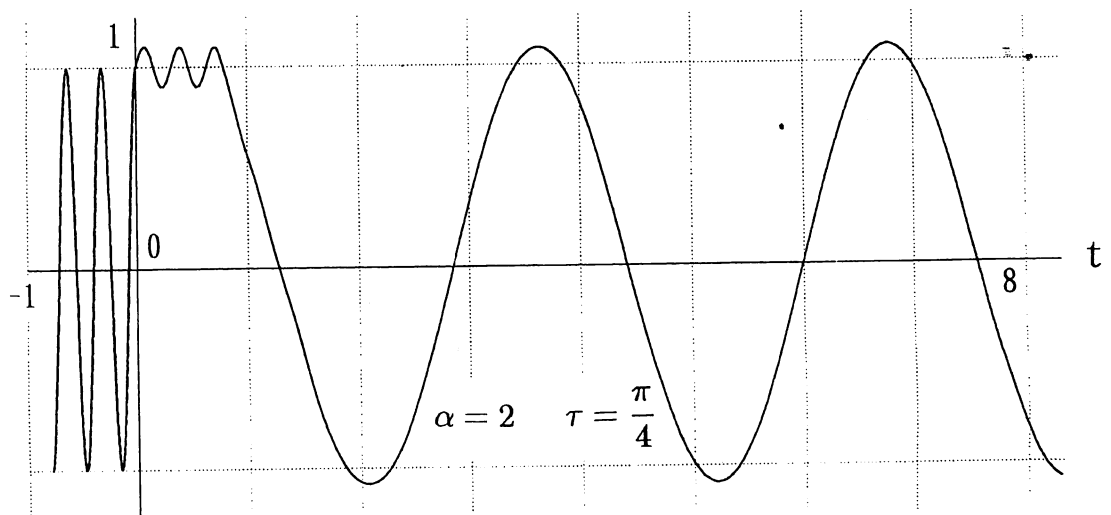
方程式 (5) は $\alpha\tau = \frac{\pi}{2}$ のとき $x(t) = \cos \frac{\pi}{2\tau}t$ という周期解がある

ことがわかります。

次に $\alpha\tau = \frac{\pi}{2}$ のときの解軌道の例を2つ示します。第1の例は $\alpha = \frac{\pi}{2}, \tau = 1$, 初期関数 $\phi(t) = \cos \frac{\pi}{2}t$ の場合です。この場合, 解は $x(t) = \cos \frac{\pi}{2}t$ となり周期解になっています。



第2の例は $\alpha = 2, \tau = \frac{\pi}{4}$, 初期関数 $\phi(t) = \cos 20t$ の場合です。この場合, 解軌道はある周期解に漸近していきます。(これを証明するためには, かなり高度な漸近周期解の理論が必要です。また, この理論を用いると $\alpha\tau = \frac{\pi}{2}$ のとき, 漸近先の周期解も explicit に求まります。cf. [1:§7.7])



さて, 方程式

$$x'(t) = -\alpha x(t - \tau) \quad (\alpha, \tau > 0) \quad (5)$$

の解の振動問題についても少し考えてみましょう。ここで (5) の解 $x(t)$ が振動的であるとは $x(t_n) = 0$ となる数列 $\{t_n\}$ ($t_n \rightarrow \infty$ as $n \rightarrow \infty$) が存在することです。

第3節に掲載してきた解軌道図から判断すると, $\alpha = 2$ のとき τ がほぼ 0.2 までは解は振動していないように見えるし, $\tau = 1$ のとき α がほぼ 0.4 までは解は振動していないように見えます。そこで方程式 (5) が振動しない解をもつための α, τ の条件を求めてみましょう。即ち

$$\exists \gamma > 0 ; x(t) = e^{-\gamma t} \text{ が振動しない (5) の解}$$

となるための α, τ の条件を求めてみましょう。

$x(t) = e^{-\gamma t}$ を (5) に代入すると

$$-\gamma e^{-\gamma t} = -\alpha e^{-\gamma t} \cdot e^{\gamma \tau} \quad \therefore \gamma = \alpha e^{\gamma \tau}$$

であるから

$$\exists \gamma > 0 ; \gamma = \alpha e^{\gamma \tau}$$

となるための α, τ の条件を求めればよい。ここからの計算は高校の微積分のレベルの極大, 極小の問題になります。 $f(\gamma) \equiv \alpha e^{\gamma \tau} - \gamma$ とおくと

$$f'(\gamma) = \alpha \tau e^{\gamma \tau} - 1$$

だから $f(\gamma)$ は $f'(\gamma_0) = 0$ なる γ_0 で極小値をとる。よって $f(0) = \alpha > 0$ より $f(\gamma) = 0$ が正の根をもつためには

$$f(\gamma_0) \leq 0$$

であればよい。ここで

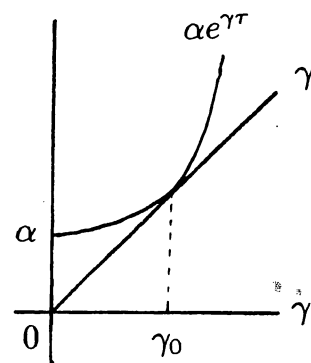
$$\alpha \tau e^{\gamma_0 \tau} = 1 \iff \gamma_0 = \frac{1}{\tau} \log \frac{1}{\alpha \tau} \quad (9)$$

に注意すると

$$f(\gamma_0) = \alpha e^{\gamma_0 \tau} - \gamma_0 = \frac{1}{\tau} - \frac{1}{\tau} \log \frac{1}{\alpha \tau} = \frac{1}{\tau} \left(1 - \log \frac{1}{\alpha \tau} \right) \leq 0$$

から

$$1 - \log \frac{1}{\alpha \tau} \leq 0 \quad \therefore \log \alpha \tau \leq -1 \quad \therefore \alpha \tau \leq \frac{1}{e}$$

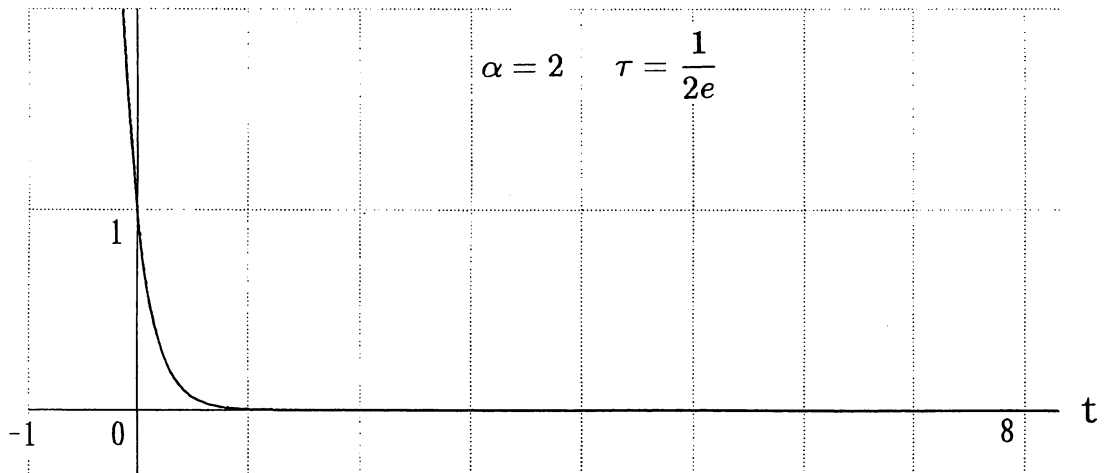


が得られる。即ち

$$0 < \alpha\tau \leq \frac{1}{e} \text{ ならば (5) は非振動解をもつ}$$

ことがわかります。

次の図は $\alpha\tau = \frac{1}{e}$ ($\alpha = 2, \tau = \frac{1}{2e}$, 初期関数 $\phi(t) = e^{-2et}$) の場合の解軌道図です。この場合 (9) を用いると $\gamma_0 = 2e$ が得られ, 厳密解は $x(t) = e^{-2et}$ となり, これは非振動解になっていることがわかります。



以上考えてきた 1 次元線形微分差分方程式 (5) に関しては, 次の定理が成立することが知られています。(証明は中級程度です。cf. [1: p.135], [3: p.39])

$$\text{定理 1. (5) の任意の解が } x(t) \rightarrow 0 \text{ as } t \rightarrow \infty \iff 0 < \alpha\tau < \frac{\pi}{2}$$

$$\text{定理 2. (5) の任意の解が振動的である} \iff \alpha\tau > \frac{1}{e}$$

方程式 (5) に関して最初に出てくる定理 1 および定理 2 において, 早くも我々におなじみの主役級の定数 π や e が登場して来ていることは興味深いことであり, 時間遅れをもつ微分方程式の重要性を示しています。

最後に注意を 1 つ述べておきます。論文やテキストには時間遅れ τ を 1 にした形で方程式を表現してあることがよくあります。これは以下の理由によります:

方程式

$$x'(t) = -\alpha x(t - \tau) \quad (\tau > 0) \quad (5)$$

において

$$s = \frac{1}{\tau} t, \quad y(s) \equiv x(t) = x(\tau s)$$

とおくと

$$\begin{aligned} \frac{dy(s)}{ds} &= \frac{dy(s)}{dt} \frac{dt}{ds} = \frac{dx(t)}{dt} \frac{dt}{ds} \\ &= -\alpha x(t - \tau) \cdot \tau = -\alpha \tau x(\tau(s - 1)) \\ &= -\alpha \tau y(s - 1) \end{aligned}$$

であるから方程式 (5) は

$$\frac{dy(s)}{ds} = -\alpha \tau y(s - 1) \quad (5')$$

と変換されます。ここで注意すべき点は

$y(s) \rightarrow 0$ as $s \rightarrow \infty$ と $x(t) \rightarrow 0$ as $t \rightarrow \infty$ は同値であり
 $y(s)$ が振動的であることと $x(t)$ が振動的であることも同値である

ことです。よって $a \equiv \alpha \tau$ とおくと方程式 (5') は

$$y'(s) = -ay(s - 1) \quad \left(' = \frac{d}{ds} \right)$$

となり、これは方程式 (5) において $\tau = 1$ とおいたものと同じ形の方程式になっています。また、上の2つの定理で条件式が α と τ の積の形で出てくるのも以上の理由によるわけです。

参考文献

- [1] J. K. Hale and S. M. V. Lunel, *Introduction to Functional Differential Equations*, Springer-Verlag, New York, 1993. (この本は時間遅れをもつ微分方程式の定性的理論に関する世界で一番定評のある本ですが、正直言って難しいです)
- [2] Y. Kuang, *Delay Differential Equations with Applications in Population Dynamics*, Academic Press, San Diego, 1993. (この本は時間遅れをもつ個体群動態モデルについて最新の結果まで詳しく書かれており参考になりますがミスプリも多いです)
- [3] I. Györi and G. Ladas, *Oscillation Theory of Delay Differential and Delay Difference Equations with Applications*, Oxford Univ. Press, 1991. (この本は時間遅れをもつ微分方程式の解の振動論に関する本で比較的やさしく書かれています)

集団遺伝学から見た複雑系研究

九州大学理学部生物学科

舘田英典

集団遺伝学と適応複雑系研究について最近考えていることを書き、そのあと現在自分が興味を持っている問題をそれとの関連で述べようと思います。私自身はこの20年ほど集団遺伝学をやっているのですが、最近遺伝的アルゴリズム (GA)・人工生命 (AL) といった分野の人達がやっていることとのつながりを模索しています。両分野とも、自己複製を行う個体の集団が、1. 遺伝的变化 (突然変異、組み換えなど)、2. 集団的变化 (選択的抽出)、を繰り返して変化 (進化) していく過程を研究しています。集団遺伝学では1、2の部分それぞれ実際の生物の遺伝学的、生態学的性質を取り入れたもののみを扱っていきませんが (これはその目的とする所が現存生物進化の理解に有るからですが)、GAやALでは必ずしもそのようなことにはとられません。しかしながら上の1、2の枠組みは同じなので、例えばAというタイプの頻度を p 、適応度 (おおざっぱにいうと次世代に残す子供の平均数) を w_A 、突然変異率を u で表すと、次世代の頻度 p' は

$$p' = (1 - u) \frac{w_A p}{\bar{w}} + f$$

となります。ここで \bar{w} , f はそれぞれ w の集団での平均値、他タイプからの次世代Aタイプへの寄与を表します。 $f \geq 0$ なのでこの項を除くと不等式が得られ、GAの Schemata theorem となります。

このように集団遺伝学とGAあるいはALはもとのところでは同じものを扱っているのですが、この20年ほどの間殆ど独立に進化してきています。ワールドロップと言う人の書いた「複雑系」という本によると、GAの創始者である Holland は集団遺伝学者 Fisher の本を読んで非常に興味を持つのですが、一遺伝子座の単純なモデルのみを扱っているので役に立たないと考えたということのようです。私は Holland の本も Fisher の本も実際に読んでいないのですが、Fisher は集団遺伝学者の中でも特に、「大きな集団で遺伝子座どうしの間の効果が相加的である場合」が進化の中で重要だという立場に立っていた人で、例えば遺伝子座間相互作用と有限集団の効果を重視した Wright の本を Holland が読んでいればもう少しGAの側からの歩み寄りが有ったのかと考えます。さて集団遺伝学の方ですが、確かに複雑な問題は数式で解けないので扱わず、一遺伝子座の問題の研究が主で、後は2遺伝子座ではどうなるかという研究や量的形質の研究 (非常に多くの遺伝子座が関与していて何らかの近似ができる場合) で補足を行うというやり方をしてきたように思います。このため、一見GAやALのコンピューターシミュレーションで出てくる複雑なものの解析には使えないように見えます。しかし1. 一つの遺伝子座で遺伝子頻度の変化が起こるとき、他の遺伝子座は殆ど単型的である場合、2. いくつかの遺伝子座で多型的であってもそれらの間に連鎖平衡 (それぞれの遺伝子座の対立遺伝子がランダムに組み合わさっている場合) が成り立っている場合は、一遺伝子座の動態を見ることで系の振舞いをかなり予測することが出来ます。これらの条件は厳しいように見えますが、例えば実際にショウジョウバエや人間の現存集団ではよほど近接した領域でしか連鎖平衡からのずれは見られません。一遺伝子座については確率的モデルも含めてかなり良く研究されているので、これらの理論でGAやALで観察される複雑系をどこまで理解できるかももう少し調べてみる必要があると考えています。また私自身の興味は現実の進化がどのように起こったかにあるので、実際の生物

から得られるデータとの比較を行い検証していくべきとも考えます。そのような問題の中で、今二つの問題を考えています。

一つ目はたんぱく進化のモデルです。たんぱくは20種のアミノ酸が一行につながって出来ています。たんぱく進化のモデルとして最も単純なものは故木村資生博士による「分子進化の中立モデル」(Kimura, 1983)で、殆どの遺伝子置換には自然淘汰は関与していないというものです。このモデルは多くのたんぱくやDNAのデータを説明する非常に強力なモデルですが、最近塩基配列データが蓄積してより詳しい解析が出来るようになると、必ずしもこの予測に合わない場合も見つかるようになりました。そこで自然選択を導入したモデルとして有限集団でのS. KaufmanのNKモデルを考えることにします。このモデルではN個のサイトがあり、各サイトが他のK個のサイトと相互作用します。詳しくは例えばKaufman(1993)の本を見ていただくとして、 $K=0$ の場合(N0モデル)、 $N=K=\infty$ ($\infty\infty$ モデル)について簡単に説明します。N0モデルでは各サイトの適応度への効果は相加的になり、適応度地形で見ると一番高い山がひとつ富士山のようにそびえていて、進化は富士山を一步一步登るように起こります。「たんぱく進化のほぼ中立モデル」として太田朋子博士(see Ohta, 1992)によって最初に考えられたのは $N=\infty$ つまり $\infty 0$ モデルでした。このモデルでは無限に適応度の上昇が起こり、さらに大きな集団では爆発的な速さでサイトの置換が起こります。実際のたんぱくの進化ではこのような現象は観察されないで、このモデルは適当ではないのではないかと疑問が出されました。そこで登れる山の高さに制限を持たせ、また確率的には一步一步ばかりではなく、一気に頂上付近にも登れるという極端なモデルを考えました(Ohta and Tachida, 1990)。このモデルはfixed modelとかhouse-of-cards modelとか呼ばれるのですが、KaufmanのNKモデルで表現すると $\infty\infty$ モデルになります。ここでは無限の適応度の上昇は起こりませんし、大きな集団では素早く山に登ってしまってそこで進化が殆ど止まります。例えば突然変異の適応度への効果の分布が分散 σ^2 の正規分布をするとすると、突然変異率と進化速度の比(中立モデルでは1になる)は $4N\sigma$ が大きいところでは近似的に

$$\frac{c}{4N\sigma\sqrt{\pi}} \exp\left[-\frac{(4N\sigma)^2}{4}\right]$$

と表されます(Tachida, 1996)。ここでNは集団の大きさcは定数です。この式から分かるように $4N\sigma$ が例えば4を越えると殆ど進化は止まります。このモデルには更に面白い性質があり、特定のパラメータ領域(Iwasa, 1993)や集団サイズが変わると(Araki and Tachida, 1997)進化速度のばらつきが大きくなります。実際に哺乳類のたんぱく進化では速度のばらつきが観察されているので、このモデルはたんぱく進化の何らかの特徴をつかんでいるのではないかと思います。しかしながら一般的なNKモデルからすると非常に極端なモデルですので、もう少し中間的なモデル($0 < K < N$)や、また淘汰したサイトに連鎖した淘汰を受けないサイト(例えばDNAの変化でアミノ酸を変えないものが有ります)の進化なども解析していく必要が有ると思います。

もう一つは多重遺伝子族の進化モデルです。生物の進化においては遺伝子の重複とその多様化は非常に重要な役割を果たしています。例えば初期発生に重要な働きをするHox遺伝子群はかなり昔に起こった遺伝子重複により形成されたものと考えられています。また動物はいろいろな匂いをかぎわけて行動を決定しますが、例えばネズミでは遺伝子重複によって出来た約1000種類の嗅覚レセプター遺伝子を持っていて、このかぎ分けを行っているようです。生物が複雑化していく中でいろいろな道具(主にたんぱく)を作っていくのですが、いったん同じ機能を持ったコピーを作っておい

て、その機能を少しずつ変えていくというやり方が広く行われてきたのでしょう。さてこの過程がどのように進行していくかということですが、太田博士 (Ohta, 1988) によって 80 年代後半からいろいろ調べられてきています。私が興味を持ったのは、例えばこの過程で同じ機能を持ったコピーはどのくらい存在するのか (冗長性)、またどのような速さで異なる機能の遺伝子が出来ていくのか (増幅速度) を、いろいろなパラメータの関数として表すことでした。少し複雑になるのでここでは書きませんが、近似的計算から平均冗長性を、遺伝子増幅率・突然変異率・自然淘汰の強度・集団サイズの関数として表したり、またこの平均冗長性を使って増幅速度を表すことが出来ます (Tachida and Kuboyama, 1997)。この式を使って集団サイズと増幅速度の関係を調べてみましたが、遺伝子数が増えることによるコストがなければ、集団サイズが大きいほど増幅速度は大きくなることが分かりました。他の動物に較べて集団サイズが小さいと考えられている哺乳動物で多重遺伝子族サイズが大きくなっているようなので、遺伝子数増加に伴うコストがかかっているということなのかも知れません。近いうちにいろいろな生物で全塩基配列が明らかになりますし、その他の遺伝学的データもどんどん蓄積されています。モデルの予測とこれらのデータの比較を行いながら、多重遺伝子族の形成にどのような要因が働いてきたかを調べていきたいと考えています。

参考文献

- H. Araki and H. Tachida (1997) Bottleneck effect on evolutionary rate in the nearly neutral mutation model. *Genetics* 147: 907-914.
- Y. Iwasa (1993) Overdispersed molecular evolution in constant environments. *J. Theor. Biol.* 164: 373-393.
- S. A. Kaufman (1993) *The Origins of Order*. Oxford University Press.
- M. Kimura (1983) *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge University Press.
- T. Ohta (1988) Multigene and supergene families. *Oxf. Surv. Evol. Biol.* 5: 41-65.
- T. Ohta (1992) The nearly neutral theory of molecular evolution. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23: 263-286.
- T. Ohta and H. Tachida (1990) Theoretical study of near neutrality. I. Heterozygosity and rate of mutant substitution. *Genetics* 126: 219-229.
- H. Tachida (1996) Effects of the shape of distribution of mutant effect in nearly neutral mutation models. *J. Genet.* 75: 33-48.
- H. Tachida and T. Kuboyama (1997) Evolution of multigene families by gene duplication: a haploid model. (submitted)
- Waldrop (1993) *Complexity: The Emerging Science at the edge of order and chaos*. Penguin.

プリンストン往還記—あるいは巡礼者のためのガイドブック'97—

久保拓弥 (九州大・理・生物) tkuboscb@mbx.nc.kyushu-u.ac.jp

始まりの日

深夜。治安劣悪都市ヌアーク。国際空港の入国管理官は怪しげな東洋人を尋問していた。「なに？観光者用 B1 査証で 180 日も滞在するだと？」「はい」「国内で労働に従事しないだろうね？」「はい……あっ違います違います、いいえ、しません」。まったく英語というやつは、言語能力というものについて私はある種の諦観の境地に導かれつつあった。しかるに職務に忠実なるわが係官氏は私という人物についてある種の強い疑惑を抱きつつある。唐突に問われた。「お前ホントに日本人か？」。ああ。恐るべきことに彼はこのパスポートが偽物である可能性をも検討する必要性を認めているのだ。「私日本人です」「それでは hello を日本語で何と言う？」「コンニチハ」「good morning を (以下同文)」……滑稽かつ悲惨な深夜の語学テストが始まった。

1997 年 4 月 7 日から半年間にわたり、アメリカ合州国ニュージャージー州のプリンストン大学に滞在して研究することになっていた¹。しかし、この地で為すべきことに関して、私にはっきりとした見通しがまるでなかった。そもそも、どうして日本国外で研究などできようか、ここには何のあてもないのに……入国審査をようやくのことで切り抜け²、寒空のもと北米の大地に降り立った私にとって確か

¹ なぜか。当研究室では、ヒマそうにしている大学院生は「お前なんか外国に出てけ」イジメの標的にされる。連日連夜の執拗な研究妨害に耐えかねて、ついには国外逃散を決意するその日まで、何びとたりともこの理不尽からまぬがれることかなわじ、と伝えられている。

² 戦訓：観光者用査証で長期滞在の決意表明をするときは、上述程度の嫌疑にも耐える覚悟すべし。

らしいことは何ひとつ無かった。計算機と書物を詰めたザックが双肩に加える殺人的な 60 キログラムの重圧を除いては。

“古風で趣のある格式ばった小さな街”

ニューヨークとフィラデルフィアの中間に位置するプリンストンは数理科学者英雄列伝を愛する人々にとって聖地のひとつに数えられるべき資格を有している。この小さな街は“モンスターマインド”たちの過ぎにし日々の奇蹟と事蹟の宝庫である。ある日、生態学・進化生物学部の Pacala 教授と大学近くの森³を歩いていたとき、開けた草地に出た。「ああ、君。ここだよ」。教授は農家のような赤レンガの建物を示した。「現在は小学校として使われているが…… (なぜか秘密めかして) 50 年以上前にはこの中で Neumann, Ulam そして Teller たちが連鎖熱核反応過程に関する近似計算を行っていたのだ」。ははあ、Neumann や Ulam がそんなことを。しかし Edward Teller が当地にいたとは知りませんでした。敬虔な巡礼者のマニアックな返答にいたく満足を感じたらしい教授は、やはりおたく的というほかない講議をさっそく始めた。うむ、実は当時の理論物理学者の派閥構成は……かくのごとく、聖者や悪漢たちの真偽さだかならぬ伝説が街のそこここに点在し、人々の間で語り継がれ、さらには世界に広まっていくのである。

隣接する高等研究所ほど日本ではその名を知られてはいないけれど、250 年をこえる歴

³ より正確には大学が森のような場所の中に位置しているのだが。

史をもつプリンストン大学は名門私立大学としての矜持に満ちていた⁴。私が出入りしていた生態学・進化生物学部 (Department of Ecology and Evolutionary Biology, EEB) には (後述する) Levin 教授・Pacala 教授だけでなく、「フィンチの嘴」で著名な Peter Grant 教授夫妻, 森林群集生態学の Henry Horn 教授, パナマのバロコラド島の大面積永久調査区を設定した Stephen Hubbell 教授, 哺乳類の個体群動態の Daniel Rubenstein 教授といった赫奕たる名前が連なる。

空間構造/SORTIE/共分散構造

半年に及ぶ私の滞在⁵を受け入れてくれたのは Simon Levin 教授であった。教授は Robert MacArthur, Robert May に続く, プリンストンをして生態学における指導的地位たらしむ影響力ある理論家としてこの地に破格の条件で招聘された, と噂されている。生態学・進化生物学部が収まっている建物・イノホールの半分を自らの意匠で改装し, 研究・教育の根拠地となしている。プリンストンに着任後に設立した PEI (Princeton Environmental Institute) の教授をも兼任するその日常は多忙である。研究室には全世界からひっきりなしの訪問客があり, 上は James Crow 教授のような超大物から, 下は私のような一介のプリンストン巡礼者にいたる。

その Levin 教授からとくに要請を受けてプリンストンに移ってきた Stephen Pacala 教授は, たしかに, その研究のセンス, 勝利と栄

光への集中力そして人使いのうまさに関して尋常のものではなかった。Pacala 教授の近年の成果のひとつは "SORTIE"⁶ 森林動態シミュレータの構築とその解析である。これはコネチカット州の針広混交樹林の動態のエッセンスをコンピュータの中に再現する野心的な試みであり, 世界で初めて連続空間構造を持った現実的な森林動態モデルである。モデルの特徴として, 全てのパラメータが観測データから最尤推定法で直接得られるようになされたグランドデザインの妙をまず何より挙げなければなるまい⁷。これこそは余人の為しえざるところであった。Pacala 教授の研究対象はそれにとどまるものではなく, ここ数年は地球スケールのデータ解析から微視的な物質循環モデリングにいたるさまざまな問題に取り組んでいる。多数のポスドク研究者を指導し, 彼らを縦横に駆使して多方面で陸続と成果をあげつつある戦略家である。

Pacala 教授のポスドク研究者のひとり Benjamin Bolker 博士が近年その力を傾注しているのは, 一次元または二次元の連続空間上に分布する個体の集団動態を点過程として表現する数理モデルの解析である。移動分散や近隣個体との競争の帰結として生じる共分散構造に着目したその近似計算法は巧緻で, この分野における近來のエポックメイキングである⁸。後述する私の研究はその成果の拡張であり, 計算法などに関してもっとも多く議論をした相手は Bolker 博士であった。Pacala

⁴ 学費が九州大の5倍を超えるプリンストン大学に対して一円も支払わないままそれを利用して私はまあ寄生虫のようなものであり, ときおりは居心地の悪い思いをした。

⁵ この「滞在」とやはまったく非公式かつ準非合法のもので, いっそ「押しかけ居座り研究」とでも称したほうがよっぽど事実と則している。

⁶ sortie とは「突撃」の意。ただし命名の由来は高速 sort アルゴリズムを使っているからだとか。

⁷ Pacala, S. W. et al. 1996. Forest models defined by field measurements: estimation, error analysis and dynamics. *Ecol. Monogr.*, 66:1-43.

⁸ 今年 (1997年) 出版される *Theoretical Population Biology* のいずれかの巻にこれに関する第一論文が掲載されるはずである。

教授が軽躁的でもすれば「これこそは真理だ!」といった勇ましくも心臓に悪い発言を好むのとは対照的に、彼は謙虚かつ落ち着いた人柄であり、私には話しやすい相手であった。そのコンピュータ操作の熟練ぶりは一見に価するもので、Bolker 博士が立て続けに入力する一連のコマンドに応じて素早く X 上でウィンドウが開閉、次々と計算の結果を示されるさまは、古めかしい表現ながら人馬一体という語を想起させた。

森林のタテ方向の相関

私は最初のひと月を自分の売り込みに費やさなければならなかった⁹。その間抜けさに同情した Pacala 教授が「サイズ構造のある簡単な森林動態モデルの近似計算を調べてみないか」と助け舟を出してくれたので、ようやくプリンストンでの仕事を果たした。

世界各所に分布する森林生態学者というのは奇妙な人々で、樹木の胴回りなどをむやみやたらと計測しては、その時間変化にある種の法則性を見い出したりする。彼らの好む森林のデフォルメのやり方のひとつに一方向的競争というものがある。すなわち、大きな樹木はより小さな樹木に影響を与えるけれど、小さな樹木はより大きな樹木にほとんど影響を与えないだろうというモデリングである。例えば「大きな樹木の下で被陰されている小さな樹木の死亡率は高くなる」といった傾向があったとしよう。そのようなルールに従う森林が実在するならば「大きな樹木が存在するならば、近くに小さな樹木が存在している確率が小さい」「小さな樹木が存在している

ならば、近くに大きな樹木が存在する確率は低い」といった負の相関が見られるだろう。現実的な森林動態モデルの計算のためにはこのような共分散構造を考えることが重要であると思惟される。

ところが、これまでの一方向的競争のモデルの主流である一変数移流方程式では、これをうまく取り扱うことができない¹⁰。さてさて、どうすべきか? Pacala 教授のアイデアは「パッチ齢軸」という次元を新たに取り入れることで、「小さい樹木はいるけれど大きな樹木はいない場所」「大きな樹木はいるけれど小さな樹木はいない場所」を切り分けてしまおう、というものである。この手法は北海道大学の甲山隆司教授がすでに先行発表している。

それに対抗して私が提案したのは、Bolker 博士が水平的空間構造のモデルで成功させた近似計算方法を垂直的空間構造モデルに適用してはどうか、というものであった¹¹。これはモーメント法を用いて近似的に共分散を計算してしまう手法である。当然ながら Pacala 教授もずっと以前からそのアイデアに気付いて SORTIE の近似計算系を作ってみたのだけれど、奇怪なことに解が常に発散するので、この方法には見切りをつけたのだと言った。私は納得できなかった。しかし、教授は当地における最重要顧客¹²なので、その意向をないがしろにするわけにはいかない。

そこで当面は Pacala 教授の言うとおりに計算を進めつつ、密かに「謀反」の機会をうかがうことにした。幸か不幸か、かなり単純化

⁹ 具体的には「あれもできます、これもできます」と崗雲に宣伝していただけ。先方でもこの招かざる人物の扱いに困窮していたようである。

¹⁰ このやり方ではタテの相関が常にゼロだと仮定しているから。

¹¹ ヨコのをタテにするだけのことだから簡単簡単と至極楽観していたのである。

¹² 私は共同研究して下さる人を内心で「顧客」として取り扱う変な習慣を持つ。

した森林動態モデルにおいても期待していたほどにはパッチ齢近似は万能ならざることが判明した。知謀湧くがごとき Pacala 教授もついに万策つき果てたころ夏休みとなり、教授はカナダの別荘に二ヶ月におよぶ長期バカンスに出かけた。さあ、クーデターだ。

かつて Pacala 教授が共分散構造の近似計算に失敗した SORTIE は恐ろしく非線形なモデルであり、たしかに二次以下のモーメントだけ用いる近似計算法が有効かどうかよくわからない。一方で Bolker 博士の点過程のモデルは線形であり、この手法の有効性は確認済みである。そこで私は、以前に井田秀行博士¹³と共同で開発したブナ林モデルを参考に、かつ相互作用が線形になるように留意しつつ、それまで用いていたサイズ構造モデルの設計をやり直した。プリンストンに緑満ちあふれる季節、私は朝から夕方までイノホールの一画にこもって陰謀に没頭していた……

巡礼者の帰る日

私の滞在もあとわずかを残すのみとなった秋の静かな一日、少しくひねくれた諧謔の持ち主である Simon Levin 教授はそのいたずらを思いついたらしかった。「押しかけ居候」のくせに尊大である（と見えるらしい）私の態度をからかうのは教授のよろしくない趣味のひとつである。彼は研究室の人々に召集をかけた上で、シャンパンの大びんを取り出した。「いやはやこの偉い大学院生がようやく帰国してくれることになった。次に来るときには有名人にでもなっていてほしいものだ。さて、乾杯の前に彼は感動的な演説をしてくれるに違いない」。演説どころか、入国管理

官との激突後も私の英語運用に有意な向上は検出できないありさまである¹⁴。手のこんだ奇襲に混乱して絶句していると、横手から拍手しながら Pacala 教授がいきなり乱入。「やあやあ、素晴らしいスピーチだ。まったく君の研究にはこの半年間にわたってはらはらさせられたよ！」

結局のところ、私の憶測はそれほどの外れではなかった。一方向的競争を仮定するいくつかのサイズ分布モデルに対して、共分散構造を近似的に計算する手法は有効であると判明した。ところが休暇から帰ってきた Pacala 教授はその結果をなかなか信じてくれない。そこで、かねて用意の切り札「実はこの改良モデルにおいてはあなたのパッチ齢近似もかなり有効です」を持ち出すと「それでよろしい！」とのお言葉を賜った。巡礼ついでの商談はひとまず成立と言うべきか。

帰国してひと月以上が過ぎた。のんびりと研究できたプリンストンでの日々が懐かしく思い出される¹⁵。この文書が次なる巡礼者たる皆様の一助になれば望外の幸せである¹⁶。

¹⁴ もちろん Levin 教授もそれを熟知している！

¹⁵ 遅々として進捗しない論文執筆のストレス発散のつもりでこの記事を書いたのに、かえってストレスのたまる作文になってしまった。

¹⁶ 細々としたことなどは Web ブラウザで、
<http://133.5.161.127/~kubo>
の下で公開しているファイルを御覧下さい。

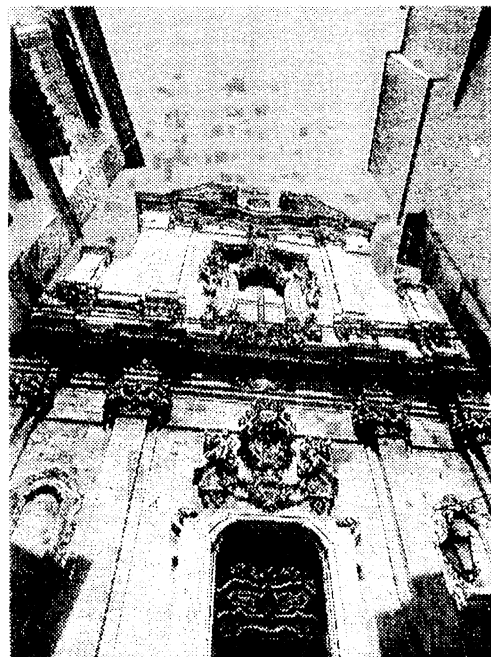
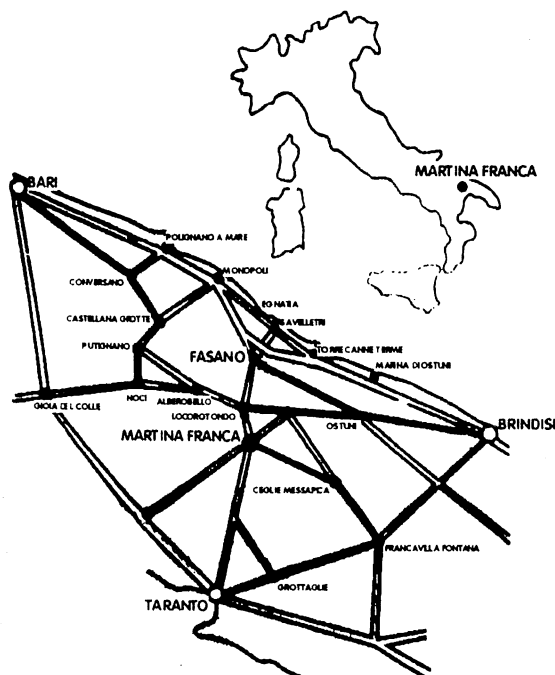
加茂将史氏・佐竹暁子氏・遠矢周作氏・原田祐子氏にこの利己的な雑文の原稿を読んで批評していただきました。記して感謝します。

¹³ 当時は広島大学、現在は長野県自然保護研究所に所属。

C.I.M.E. 1997 "MATHEMATICS INSPIRED BY BIOLOGY" (June 13-20, Martina Franca, Italy) 参加記

奈良女子大・理 瀬野裕美

Il Centro Internazionale Matematico Estivo (C.I.M.E.; 伊語発音でチメ) (Center of International Summer Course on Mathematics) が開く夏期集中コースとして、今年は、V. Capasso (Univ. Milano) の骨折りで、"Mathematics Inspired by Biology"というテーマのコースが6月13-20日の間、南部イタリア・プーリア州にあるMartina Franca (マルティーナ・フランカ: Magna Greciaにおける科学文化の中心地だったところ。古い住居はゴシック、ロココ様式を残す) で開かれた。オーガナイザーは、前出のV. CapassoとO. Diekmann (Univ. Utrecht) の二人である。このコースの趣旨は、先立つアナウンスの文章をそのまま記載すると'to demonstrate how mathematical problems, ideas, methods and results arise from attempts to describe, analyse and understand the world of living things. A wide spectrum of mathematical and biological subjects will be covered. The intention is to give to beginning researchers a stimulating impression of the current state-of-the-art in a selected number of fields. The course may also appeal to somewhat more experienced scientists that wish to learn about recent advances or somewhat unfamiliar topics.'つまりは、生命現象に関わって発展している数理解析のコースである。参加者数は(講師も入れて)60名弱であった。そのうち、40名余がPh.Dコースの学生か、PostDの学生であった。参加者(講師以外)の国別の内訳は、イタリア23名、スペイン4名、スイス2名、オランダ5名、ドイツ4名、フィンランド2名、フランス2名、イギリス2名、チェコ3名、ブルガリア1名、クロアチア1名、カナダ1名、そして、日本からは僕である。



このコースのスケジュールは次のようなものであった：

	13 Fri.	14 Sat.	15 Sun.	16 Mon.	17 Tue.	18 Wed.	19 Thu.	20 Fri.
9:00-9:45	-	Maini		Hadeler	Smith	Hadeler	Durrett	Seminar 5
10:00-10:45	-	Durrett		Hadeler	Smith	Hadeler	Durrett	Diekmann
10:45-11:15	-	Break		Break				
11:15-12:00	reception	Durrett		Maini	Seminar 2	Smith	Smith	Diekmann
12:45-13:45	Lunch			Lunch				-
16:00-16:45	Hadeler	P.P.*		Maini	Durrett	Smith	Smith	-
17:00-17:45	Hadeler	P.P.*		Diekmann	Durrett	Maini	Diekmann	-
17:45-18:15	Break			Break				-
18:15-19:00	Maini	P.P.*		Diekmann	Seminar 3	Maini	Diekmann	-
19:30-20:30	Dinner							-
21:30-22:30				Seminar 1		Seminar 4		-

*P.P. (Participant presentations)：講師を含む参加者全てが持ち時間3分間、OHPフィルム2枚という原則ルールのもとで自己紹介を含めて話をした。

Lecturers: K.P. Hadeler (Germany), P. Maini (UK), R. Durrett (USA), O. Diekmann (The Netherlands), H.L. Smith (USA)

Seminar 1: J. Müller (Germany), H. Seno (Japan)

Seminar 2: M. Gyllenberg (Finland)

Seminar 3: V. Krivan (Czech)

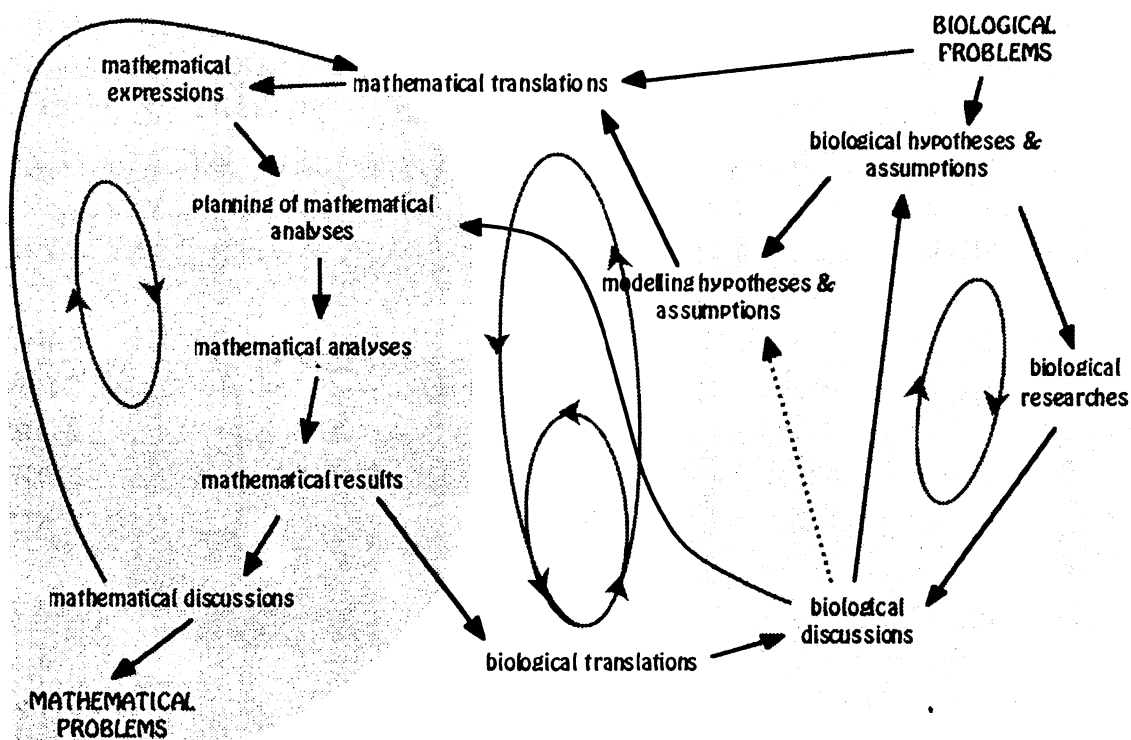
Seminar 4: [Video presentations] A. Lawniczk (Canada), R. Durrett (USA)

Seminar 5: A. Pugliese (Italy)

夜のseminars (上記1と4)を除く全ての講義は、ホテルから徒歩10分程度のところにあるParazzo Ducale (宮殿)の一室で行われた。かなり暗めの部屋ではあったが、ともかく、格式高く、壁・天井にはすべて装飾と絵画の書かれた部屋であった。夜のセミナーのみ、ホテルの近代的な(?)会議室で行われた。講義の内容は、数学的な入門部から最近の話題にわたって行われた。SmithはOHPが主であったが、他の講師らは黒板による講義が主であった。Hadelerは、反応拡散方程式系、連続空間相関ランダムウォーク、電信方程式系、Maxwell方程式系の間の関係について述べながら、反応拡散過程におけるtravelling waveの話題にまで至る総説を講義した。Durrettは、格子空間上におけるVoter modelの話から始めて、Species abundance distribution, Prey-predator system, Bacteria (Colicin) dynamics, Hawks-Doves game dynamics, Epidemics dynamicsなどの数理モデルを格子空間上で展開する数理に関する講義を行った。Mainiは、拡散不安定性に関する入門から始めて、activator-inhibitor反応拡散系によるパターン形成の数理モデルの数理に関する講義を行った。Smithは、Order relationの保存という数学的概念を元にcompetitive systemとcooperative systemが裏表として同等に取り扱えるような数学的理論についての講演を行った。Diekmannは、Physiologically structured

population modelの数理的体系についての総説を行った。その講演は恐ろしくスピードの早いもので出席者を消耗させるほどの威力だったが、内容はかなり洗練された体系立ったものであった。各セミナーは、コース2日目に、Diekmannによって依頼を受けた参加者によるものである。それぞれがそれぞれの最近の研究に触れる話をした。

コース2日目の午後に計画された、参加者全員の自己紹介的なpresentationsであるが、なかなか面白く、制限時間3分というのも、結構、お国柄や人柄を反映できるものだなあと考えた。口頭だけで2分足らずの者もいれば、5枚以上のOHPを用意してきて、自分の研究について早口でともかく話したい、という者が15分以上も使う場合もあった。僕は、まあ、他の多くの参加者と同様に、出身地だの所属だの、関わってきた研究テーマだのをOHPも使って話をしたのち、次のような図を示して、自分は数学者でも生物学者でもなく、この真ん中の間のところを大いにenjoyしていると言って話を締めくくった。こののち、「間のところ」ってのは無意味じゃないかとか、難しいとか、不可能だとか、発展しそうにないとか、といった負の趣の話から入ってくる参加者や面白そうに話をしてくる参加者と面白い話ができた。Diekmannには、全く同感だというお褒めの(?)言葉ももらって大いに楽しんだ。



ところが、このparticipant presentationsよりは、やはり、食事やbreakなどの自由時間の方が参加者間の交流は实际的で、このparticipant presentationsは、まあ、どんなところからどんな参加者が来ているか、の雰囲気だけを知ることができる程度にしかすぎなかったと言えよう(名前などとっても覚えきれないし、国ももちろん...)。英語圏からの参加者はともかく、英語圏以外からの参加者については、英語の上手い者から、下手さ(?)からあまり会話に参加しようとする者まで様々ではあったが、概して、英語が下手(?)でもなんでもともかく気軽にcommunicationしようという雰囲気で、楽しく交流ができたと感じている。

参加者の大半を占める、Ph.Dコースか、PostDの学生たちのバックグラウンドはほとんどの場合、数学であった。よく知られている、もしくは、しばしばそのように特徴づけられる

(?) ように、欧州における数理生物学関連の研究は、相対的に数学分野の研究者によって盛んであるから、そのトレンドによって、欧州の新進の研究者が数学分野で育っているのかも知れない。僕の得た情報に基づけば、結局、この集中コースに参加してきていた学生で生物を主たるバックグラウンドにしていたのは、一人だけだったと思う。その学生は、講義があまりに数学なのに初めは閉口していた様子であったが、それでも、(本人が数理モデルに高い関心を持っているが故に) 熱心に講義に出席していた。概して、(まったくの) 数学をバックグラウンドとした学生たちではあるが、数理モデルによる生物現象解析に対する熱意は大抵の学生から溢れるほど感じた。関数解析などを主に学んできた学生で、水産関連の数理モデル解析をD論として進めており、将来、もっと数理モデルを学びたいから日本の研究者を紹介してほしいという者もいた。実験研究者の友人と組んでいろいろと考えているから、このコースで学んだことをさらに追求して数理モデル解析に役立てたいという者もいた。PostDぐらいの学生になると、既に自分の研究の方向が決まってきたり、このコースの最中に共同研究的な打ち合わせが始まった者もあったようである。ともかく、みんな、かなり熱心に講義に出席しており、(講義はかなりの密度でもあり、十二分な理解を得ながら聴き進めるのはかなり難しく) 講義のあとのbreakでは、講師が学生につかまり、結局、講師は休みなし、というのが大抵であった。また、昼食後の時間には、(もちろん、ホテルのプールなどで太陽を満喫するのも忘れずに) 何人かの参加者が集まって、講義のわからないところなどをお互いに考え合っているという風景を毎日のようにみることができた。

ホテルは、Martina Francaで一番いいホテルの一つだということで、三ツ星ホテル(以前は四ツ星だったようである)であった。三食をホテルでとったわけであるが、南イタリア、プーリア州で有名な料理がすかさず出てきて、このコースの期間中、南イタリア料理を満喫できた。それでも、C.I.M.E.の援助と力により、一泊Lit.100,000-だったのは本当に得じた気分になれた。また、このコースに参加してきた学生については、C.I.M.E.から相応の援助が出されている(僕などは直接の援助はなし!)。実際には、学生の参加については、参加申し込みに際して、推薦状が必須条件であり、優秀だろう学生ばかりであり、自国の政府や大学からの援助を得て参加してきている者も少なからずいたようである。

このように缶詰の集中コースの良い点は、質の高い講演を集中して聴くことができるということもあろうが、それよりもむしろ、講演内容を話題の共通のきっかけとして、参加者の間で気さくな交流がのんびりと(期間が1週間より短いとこの利点はかなり割り引かれるように思えるが)できるところではないかと思う。参加者には、質の高い講演によって提供される知識・経験による短期的な恩恵を活かすことを望むむきもあるかも知れないが、それよりは、そのような交流による長期的な実りへの期待こそがこのような集中コース開催の最も重要な開催理由と考えてもいいのではないかという感想を抱かずにはいられない。

日本でこのような集中コースを開催することは、はたしてどのくらいうまくいくと望むことができるだろうか。どのような対象で、どのような内容で、どのようなスケジュールでなら、やる側も参加する側も満足できるようなものが可能なのだろうか。

所属大学、所属研究室を超えた学生レベル(自称の学生レベルも含)での交流の多様化の促進は、これからの数理モデル解析研究、数理生物学研究の面白い発展へとつなぐことのできるひとつの方向だと感じるばかりである。

□

ECOSUD97 報告

吉田昭彦（産業能率大）

スペインで、エコロジーと開発に関わる国際会議が開かれた。会議の開かれた町はバレンシアとバルセロナとの間にあり、ややバレンシアに近い小さな町であった。最近では大きな都市でなく、小さな観光の町で国際会議が開かれることがしばしばある。このような時、日本などの外国から参加する際には会議場にたどり着くまでにかなり骨を折ることがある。

小さな観光の町とは言うものの、年間を通して300万人程もの人々が訪れるというのであるから、規模としては大きな観光都市である。また、ドイツ、フランス、イギリスなどの人々が多く、国際色豊かな観光都市でもあった。ところが、地元では4星クラスのホテルのフロントと観光案内所以外はほとんど英語が通じず、大変な苦勞をした。鉄道を利用する場合にしても、駅員は全く英語を話してくれず、その上、鉄道のルールが日本と全く異なっている。会場となっているベニカルロ・ペニンスコラに着くまでは気が気ではなかった。

会場へのアクセスが大変なこともあり、この度はイベリア半島の生態や植生を知ること兼ねて、ユーレル・パスを利用した鉄道の旅を試みた。20年以上も前に駆け足でマドリッドやセビリアを動き回ったことがあるが、その時に比べ鉄道は格段に速く、そして、正確になった。特に、マドリッドからセビリアへのAVEにはひとかたならぬ驚きを覚えた。フランスの鉄道はレベルが高く、以前にもリヨンからパリまでTGVに乗ったことがあり、その技術の高さを実感していた。しかし、スペインには少々失礼な言い方ではあるが、スペインにもすごい技術があるものだと感心した次第である。

私がこの度の会議に参加するに際して、鉄道を利用した理由は単なる趣味ばかりではなく、会議の趣旨そのものと大いに関係ある問題であったからでもある。自動車は大変便利ではあるが、エネルギー多消費であると同時に大気汚染の主役でもある。ドイツを中心として、目下、鉄道の見直しが進んでいる。市街地では路面電車の利用を優先させ、市の中心部にはマイカーの乗り入れを規制し始めたところもある。また、500km未満の移動は自動車ではなく、鉄道利用へと政策を進めている。そのため、フランスを始めとして、ドイツなどのヨーロッパ諸国は鉄道の効率化を政策的に、積極的に進めている。その結果が、マドリッドとセビリア間を走るAVEであった。

ドイツやフランスで完成しつつある新しい高速鉄道は時速300km前後で走り、日本の新幹線より速く、500km未満を3時間以内で結ぶ。3時間以内であれば、東京－大阪の例を見るまでもなく、飛行機と自動車の利用は激減する。その象徴的な存在が、ドーバー海峡をトンネルで結んだユーロ・スターの存在である。パリからロンドンまで3時間の所要であるが、双方とも中心部まで入り込むため利用者も多く、ユーロ・スターの編成は新幹線以上の20輜にも及ぶものであった。

私はかねがね、アルプスを境にして環境問題に対する取り組みの違いの大きさに大きな興味を持っている。飛行機の場合には国境を境にしての人々の行動や生活様式の違いを読み取ることはできないが、自動車や鉄道の場合にはその違いを読み取ることができる。列車がスペインからフランスに入ったあたりで、やはりはっきりとその違いが読み取れた。Portbou（スペイン）で機関車を取り換えられ（軌道の幅が変わる）、トンネルを抜けるとCerbere（フランス）である。この近辺は、山並が海岸まで接近しており、地形は非常に不安定である。スペイン側では土砂の崩落防止や表土の流出防止に対策がほとんど見られなかったのに対し、フランス側では見事に対策が施されていた。そして、人の集まる場所

に捨てられたプラスチックの袋の数にしても、大きな変化が見られた。私の場合には、フランスはアルプス以北に入れている。

大きな違いとは、捨てられていたプラスチック袋のようにルールに対する個人の遵守の度合である。個々は別としても、ドイツやスイスの人と比べて、イタリアやスペインの人々は総じてルールに対する遵守の度合いが低い。環境問題では、どんなに環境破壊要因が明確にされようとも、その大本となるのは人間の日々の行動であり、日々の行動を通して人々が環境の破壊要因となるルールを遵守しない限りは環境破壊を抑制することはできない。ルールの遵守に対する最も基本的なことは約束の時刻に対する遵守である。

この度の会議は、ヨーロッパでは最もラテンの風土の残るところで開かれた。予想通り、ラテン・ルールである。全てがオーラル・セッションであったため、開始時刻を始めとして、時間のルーズさが予定を大幅に狂わせた。しかし、発表中止というルール遵守違反もあり、会議は意外に順調に進んだ。これもラテンの世界ならではのことである。だが、会議としては余り喜ばしいことではない。その一方で、余裕をもって話せるというメリットもあった。

生態学と開発という触れ込みで当初はかなり広い分野から人を集め、積極的な討論を期待する研究会であったが、人の集まりはよいものではなかった。その上、キャンセルも多かった。環境問題に対して、実際に取り組みながら持続可能な条件を見出そうとする立場を取る私は、現状を批判するだけで、生態学と開発といった取り組みに強い興味を示さない国内の学会には不満を持っており、期待を抱いて会議に臨んだため、会議に失望感を抱いたのは否めない。

自然を保護しようとする生態学的な立場と生きるための開発との間には理想と現実との厳しい二律背反的な対立があり、持続可能な条件の解を見付けることは非常に難しい。しかし、解を見付けることを放棄したならば、それこそ人類の存続はない。解を見出すことは非常に難しいと言えども、私達は地道に努力していかねばならない。会議は確かに、私には不本意なものではあったが、この難しい問題に対して、不本意を覚悟の下で会議の開催を主張した主催には強く敬意を払いたい。

会議は全体を通して、数学的なモデルリングや統計的な予測の分野と実際的な行動の結果による調査報告とに分けられた。両者による内容のある討議はほとんど見られず、その隔たりは大きかった。特に、数学的な取り扱いの分野に対して、実践的な立場の人からはほとんど実のある質疑はなされなかった。数学的な分野での質疑応答は、数学的なモデルを作りながら研究している仲間同士の域を出ず、独自の立場の正当性を主張する域を出ていなかった。数学的なプロセスは大切ではあるが、前提となるモデルと生態学的な実態との対応、あるいは、導き出された結果と実態との対応の突き進めた質疑応答がほとんどなされなかった。こうしたことに対して、時間のルールを超えて活発な質疑応答を期待していたのである。

一方、実際にフィールドに係っている方々にも強い不満がある。数学的な手法は彼らには普段から慣れないものであるだろうが、生態学的な分野は実際に行ってみてその結果の正否を判定することができないものも多く、その分、数学的なモデルや予測の重要性は高く、たとえ不慣れとは言えども前向きに取り組む姿勢は大切である。ところが、多くの方々は自分の発表が終わるや、我関せずで会議には出席していなかった。これでは何のための会議であるか、その意味が不明となる。

生態学と数理の分野の歴史はまだ浅い。また、生態系は系そのものが本質的に非線形であり、複雑で、モデルの組み立てや数理的な取り扱いは極めて難しい。しかし、前述したように、私達の生きている生態系は物理学のように、あるモデルを設定し、初期条件と境界条件を決定し、実際に試すことができないことが多い。数理の果す役割は実に大きい。

こうした取り扱いに対して最も大切なことは初期のモデルリングである。そして、生態学的に大切なことは、このモデルリングが現実のどのような事実に対応しているかである。モデルリングが数学的にいかに興味あるものであったとしても、それが実際の生態系から遠く懸け離れたものであるならば、それは生態学の対象とするものではない。逆に、数学的に多少精密さを欠いたとしても、実態を十分に加味したモデルリングであるならば、それは生態学には大いに価値のあるものである。

なにしろ、生態学の現状は“Think Globally, Act Locally”であって、一刻も早く、できるところから実行に移していかねばならない。だが、実行に移すとしても、やみくもに行動することは避けねばならない。その行動の指針を与えるのが数理の役目であるが、その指針とて必ずしも正しいとは限らない。とすれば、数理によって正しいと考えられて出された指針ではあるが、行動の結果を速やかに観測し、それが正しかった否かを確認する必要がある。実際に正・否を観測するのはフィールドの方々である。であるから、数学的なプロセスは別にしても、数理の人々の意とするところはフィールドの人々もはっきりと認識しておかねばならない。双方の関係は数学における逐近似のような関係にある。フォーマル・セオリー的な講演もいくつかあった。具体的にはどうすべきかに欠けていて、どこかの書評にでも出てきそうな周知な事柄について、手を変え品を替えて話しておられる方もいた。

開発とは基本的には人々のなりわいによってもたらされるものであり、このなりわいは経済活動そのものでもある。ところが、今回の会議では経済に深く係わっておられる方の出席は少なかった。地球環境へのインパクトの小さい開発経済の必要性は今後に残された問題であり、始まったばかりの分野でもあるから、出席が少なかったり、議論が少なかったことにたいしては止むを得ないことでもあろう。

会議に対して、不満であったことに対して、もう一つ付け加えたいことがある。それは会議に参加した日本の方々の会議に臨む姿勢の悪さである。自分達のグループの発表が終わるとさっさと消えてしまう。また、フリー・タイムの時も、グループだけで固まっていた他の参加者と会話をしない。発表も原稿を読み上げるだけである。原稿を見るのはデータだけにして、少々間違えてもよいから自分の言葉にして発表して欲しいものである。国際的な会議の場は、少なくとも“代表”の意味合いも含まれている。もう少し自負心が欲しいものだ。かなり年の若い人もいたが、これでは国際的に活躍できる人は育たない。

あれやこれやを不満を並べ立てたが、会場の設置は実に素晴らしかった。突き出た半島の頂上が城であり、その石の城が会場であった。天気も3日間とも晴天で、休憩時間にコーヒーを飲みながら、テラスから眺める地中海はまさにエメラルド・グリーンであった。これが会議中かと思ったくらいである。難点は会場が石の城であったため、エコーが聞き過ぎ、声は聞こえるのだが聞き取りずらかった。私自身も質疑応答の際、時間がなかったこともあり、質問が正確に聞き取れなかったにもかかわらず、問直しをせずに、質問の真意を正さず、うかつに解答してしまう失態をしてしまった。時間外に話した結果、非常に好意的な質問であったにもかかわらず失礼なことをした。

会議に対して、多くの不満はあったが、多くの方々と接し有意義な会話を多く持てた。また、私の主張するニュー・タイプの養蚕業をナイジェリアで積極的に実施してくれる約束も取り付けることができた。質疑応答で、私が失礼した人は大気汚染の専門家であるが、彼は「東南アジアの焼畑による大気汚染は年毎に深刻となるが、あなたはその有力な解決を持っているのであるから、是非頑張ってください」と言ってくれていた。

会議は真面目に出席したものにはかなりハードなものであった。初日は朝の10時（実際には1時間遅れ）から、夜は9時近くまで行われた。2日目はキャンセルがあったため、朝は9時に始まり、終わりはほぼ予定どおり6時であった。それからギターコンサートの行われた。2時間遅れである。だが、石の部屋の中でのギターの演奏は格別であった。エコ

ーがよく効き、ギター曲が交響曲のように聞こえた。ギターがこんなにオーバー・オールに聞こえたのは初めてであった。

ギターの演奏が始まる前、ビールを片手に地中海に昇る満月を見ながら、エコロジーの持つこのオーバー・オール性について考えていた。自然の諸現象を考える時、私達は必ず概念化する。概念化の過程では必ず、実態から切り離されるいくつかの要因があり、概念化されたものは実態ではない。モデル化されたものは概念化されたものの一部であり、それは実態とはかけ離れている。であるから、思考を進める途中で、モデル化の結果が実態に近いか否かを常に問う必要がある。これをしないで、モデル化を進めると、そのプロセスがいかに精密であろうとも、モデル化の過程でなされた誤謬により、そのモデルは現実の姿を反映させているとは限らないものとなる。「時には何もかも忘れ、全ての柵から離れて自然にどっぷりと浸ることが大切である」と寺本先生はよく言っておられた。先生はそうすることによって自然の実態により近付こうとしたのであろう。

生態学と開発の問題は理想と現実の問題であり、まさに、オーバー・オールに取り組まねばならない問題である。問題を少しでも明るい方向へ導くためには、異なる分野から多くの人々が集まり、忌憚のない討論を忍耐強く積み重ねていく必要がある。そのためには、学問的な見識ばかりでなく、人間的にも幅のあるオーガナイザーの存在は不可欠である。寺本・大久保両先生の存在の大きさを思い出しながら飲んだビールは甘くもあり、飲むほどに強く郷愁を感じるものであった。

この度の研究会に出席して強く感じたことは生態系をオーバー・オールに考えることは如何に難しいかということの再確認であった。実際に実行に移すことはさらに難しい。貧困とは、女性の社会的地位の向上とは、などと呼び掛けてはいるが、そのつど自分自身に反省を迫られている次第である。

第7回数理生物学シンポジウムオーガナイズドセッション：

”生物の形態・パターンの多様性と進化” を終えて

オ-ガナイザ- 関村利朗（中部大学）

1997年10月12日-14日の間、大阪大学基礎工学部シグマホールで開催された第7回数理生物学シンポジウムの上記オーガナイズドセッションは、多数の方々の積極的な参加を得て盛会であった。ニュースレターNo.23に収めたセッションの主旨でも述べたように、講演者は、いろいろな立場で生物の形態・パターンの多様性を研究している方々で、講演も、

- ・発生遺伝学からのアプローチ：
林茂生氏（国立遺伝学研究所）：発生におけるパターン形成原理とはなにか？
仁田坂英二氏（九州大学理学部）：アサガオにおける形態進化と分子進化
- ・個体の環境への適応の観点からのアプローチ：
本多久夫氏（兵庫大学）：樹木分枝の環境に起因すると考えられる変異
- ・群体の環境への適応の観点からのアプローチ：
竹中明夫氏（国立環境研究所）：樹冠形成のダイナミクス
—光資源の空間分布との相互作用—
向草世香氏（奈良女子大学理学部）：もっと光を多くうけるのはどの様な形か？
— *Porites sillimaniani* の場合 —
- ・生態学からのアプローチ：
原登志彦氏（北海道大学低温科学研究所）：植物群集における個体間相互作用様式と空間パターン形成—ギャップから縞枯れまで—
- ・古生物学からのアプローチ：
森田利仁氏（千葉県中央博物館）：進化的刷新と化石記録、そして解釈
- ・農学からのアプローチ：
岩田洋佳氏（東京大学大学院農学生命科学研究科）：楕円フーリエ記述子を用いた植物形態の定量的評価と農学的応用

と多彩で興味深い内容のものばかりであった。また、宇佐美義之氏（神奈川大学工学部）の関連講演絶滅した生物の生態をコンピューターにより再現するも大いに注目された。

講演を聞いて特に印象に残った点は、生物の形態・パターン形成の考え方についてである。すなわち、多くの講演では、形成機構が内的要因と外的要因に分けられ、また両要因のウェイトの多寡が議論された。ここで、内的要因、外的要因と言っても取り扱う対象によってそれぞれ異なるので、一言では言い表せないのは当然である（詳しくは、ニュースレターNo.23講演要旨集を参照されたい）。なお、講演では、一般に知られているように動物に関しては内的要因が、一方、植物については外的要因が強調されたのは自然な結果であった。また、林氏の講演で、動物に普遍的に見られる形態形成が、内的要因としての少数のシグナル分子の発現パターン形成の問題として理解されるようになった事が、シヨウジョウバエを例にとって示された事は注目に値する。これは、森田氏がボデイ-プラン（基本的な体のづくり）の多様性として取り上げた観点と相通するものであろう。また、原氏の講演で、生態系としての植物群集の示す空間パターン形成においては、生物的内的要因としての植物個体間相互作用と光環境、風などの外的要因の両要因が密接に関連しているという結果も興味深かった。

いずれにせよ、生物の形態・パターンの多様性と進化についての真の理解には、今回を含めて、様々な分野の研究者がその専門を超えて大胆に意見を交換し、形成機構における共通点と相違点を明らかにしていく努力を重ねる事が必要であろう。雑誌”数理科学”で1997年10月から始まったリレー連載でもこの問題を取り上げているので、興味をお持ちの方は是非参考にして頂きたい。

化石記録を説明する進化論はまだか？

森田 利仁（千葉県立中央博物館）

10月13日、大阪大学で行われた数理生物学シンポジウム「生物の形態・パターンの多様性と進化」において、古生物学と発生学の関係に焦点を絞って大進化論に関する非常に簡単なレビューをさせていただいた。発表の準備や手際が悪かったために内容をよく伝えることができなかつたのではと大いに反省するところです。そこで、この場を利用してちょっと補足をさせていただきたい。

古生物学が生物進化に関るときそれは形態レベルの進化すなわち大進化の問題に関することを意味する。そして形態レベルの進化に関する議論ということになると、いつも「進化は連続的か不連続的か」、あるいは「漸進的か保守的か」という論争に巻き込まれる。筆者を含めて、今日多くの化石屋は、大進化が急激に起きそしてその後長く停滞したというパターン、すなわち形態進化の飛躍と保守性のパターンを‘信じている’と言える。しかしながら、これは多くの場合、古生物学者の直観に属する信念であり、「どのくらいの時間スケールで急激なのか?」、「中間形が見つかる可能性はどのくらい低いのか?」というような詳細にわたる質問を受けると、つねに歯切れが悪くなってしまう。大進化が「連続的か不連続的なのか」という論争に自信をもって古生物学が参加できるほど、化石記録は明快な資料ではないのである。にも関わらず、なんとなく形態進化は飛躍的に起きたと考えたくなるような‘化石の事実’がたくさんある（筆者だけではおそらくないと信じるが。。）。しかしこの事実を古生物学以外の研究者と真実として共有することは非常に難しい。

カンブリア初期に一斉にbody plan（ボディプラン）が出現したというのは、多くの古生物学者の見解であるが、それとてもまだまだ事実問題に論争は尽きない。化石が示す進化の事実とはいったい何なのだろうか？そして、古生物学が見ている飛躍と停滞の進化パターンは、幻想なのだろうか？このような自問を化石屋としていただかざるを得ない。もちろん、進化総合説以来の進化学の論争史には耳を傾けず、もっぱら普及本の中で進化学者として振る舞うことで満足するのであるならば、そのような悩みはなくなる。実際、日本における古生物学者の多くはそのように振る舞っている（といえる?）。

過去の古生物学を省みると、このような悩みが筆者だけのものではないということがよく分かる。進化総合説以来堅牢に築かれた連続的な進化観とそれを根拠づける多数の微分方程式で書かれた理論やモデルを目の前にして、もはや完全に白旗を挙げた古生物学者が多くいたに違いないのである。であるならば、今日、形態の飛躍的な進化を説明するような理論体系を提出できるならば、化石の事実に対する風向きは大きく変わる可能性もあるのではないだろうか。数理に疎い人間には、それが可能かどうかは分からないが、今後多くの理論生物学者が化石事実に興味を持ち始めることがまず先決であろう。

ここでは、先取的に、飛躍と停滞のパターンを説明するような進化理論を構築する可能性を、専門外ではあるが今日の発生生物学との対比の中から探ってみようと思う。

まず議論の出発点として、20世紀前半までは、飛躍的な進化観も有力であったということを紹介する。

古生物学は古くから、化石記録が示す大進化のパターンが、漸進的で連続的なものではなく、飛躍的で不連続なものであると指摘してきた。以下はその代表選手であるO.H. Schindewolf(1950)の英訳版の抜粋である。

“We have found that the organizing structure of a family or an order did not arise as the result of continuous modification in a long chain of species, but rather by means of a sudden, discontinuous direct refashioning of the type complex from family to family, from order to order, from class to class. (Schindewolf, 1950の英訳版1996. p.214). ”

ここでSchindewolfは、高いランクの分類学的な単位、例えば、family, orderやclassなどのようなランクのbody planは、祖先型のbody planから少しずつ変化して達成されたのではなく、中間形を経ずに比較的突然に出現すると述べている。これは化石記録に基づく解釈であるが、それを支えたのは、当時の発生学の知識である。

高いランクの分類単位を定義する解剖学的形質、例えば特徴的な器官や組織の存在は、発生過程のより初期に形成されるというのが、当時の発生学の理解であった。いわゆるvon Baerの法則である。そして、発生過程の初期に決定される形質ほど、その変化は後期発生に大きな影響を与えるため、生命を危険にさらす可能性が高い。したがって、変化しづらい。高いランクのbody planの進化が保守的なのは、このためであろうと考えられていた。これは逆に言えば、新しいbody planが進化する際には、複数の器官や組織が同時に変化する以外にないということになる。1950年代ごろまで、シンデヴォルフを含めた多くの古生物学者が、このような論理によって大進化の飛躍性を主張していた(Reif,1993参照)

今日では、このような素朴な飛躍的進化論を論破するのは非常に簡単である。なぜなら我々は進化総合説創設以来、多くの漸進的な進化観を耳にしてきたからである。第一に、個体として生存可能な大突然変異は生じにくいということによって批判される。生じにくいということは、自然選択が働かせる機会が少ないということになる。したがって、大突然変異による大進化は非常に起きづらいということになる。第二に、大突然変異は個体群の中で生存する可能性が低い。すなわち、大突然変異が適応の峯に登れる可能性は低い。この二つのことによって、進化総合説はSchindewolfの飛躍論を葬りさることができたといえる。

しかしもちろん、連続的な進化モデルが完全勝利を納めたわけではない。彼らが前提とする小さな形態変異の供給ということについては、今日、発生的な制約(developmental constraint)という概念の登場によって大きく傷ついている。そして、断続平衡説が主張したように、小個体群の中では個体として生存可能な大突然変異が出現する確率も、そしてそれが生き残る確率も大きくなる可能性も否定できないということになっている。

それでも、飛躍的な進化観にとって大いに心理的に不利なのは、これらの論拠がすべて飛躍的な進化に関する消極的な支持でしかないからである。すなわち、Schindewolfの主張するように「大進化を引き起こすような解剖学的に大きな形態変化を、少しずつ引き起こすことは発生学的に困難である。」といっても、しかしそれでも、小さな小進化のステップを細かく刻んで大きな形態変化を引き起こせないとは言い切れないのである。地質学的に長大な時間と複雑な発生システムを制御する天文学的な数字の遺伝子が引き起こす突然変異の試行回数を考慮するならば、何が起きていても不思議はないのである。

飛躍的進化を支持するもっと積極的な論拠はないのであろうか？と考えたくなる。すなわち、小さなステップを刻むよりも、一気に形態が飛躍したほうがいろいろな意味で都合よく進化を論じられる論点である。以下の二つの論点は、その可能性がなきにしもあらずであることを示唆している。

まず最初は、Wagnerらの数理遺伝学的な研究である(Wagner,1988 ; Buerger, 1986.)。彼らは、発生的制約が進化における積極的な意義を評価するという論理を展開している。すなわち、もしも二つ以上の形質が共同で体の中におけるある重要な機能を実現していたとすると、それぞれが独立に進化したときには、適応の峯に到達できなくなるというものである。したがって、逆に、適応の峯に到達することができるためには、これら形質どうしが互いに発生的に相互作用しており、しかもそこで生まれる発生的な制約によって、どち

らかが変化してもその変化に合わせるようにもう一つが変化し、結果的に生命維持に最低限必要な機能だけは実現できるようにしていることであるとする。同じ様な主張は、Mueller(1989)にも認められる。このような論理は、生物進化の中で生き残る発生システムとはどのようなものであるべきかについて、非常に興味深い示唆を与えてくれる。さらに、内的な機能を維持するという点では、小さな形態進化はむしろ危険であるということも示唆している。

もう一つは、今日の発生生物学が提唱するモジュール化という概念である。これは、生物の発生過程は、器官や組織形成の段階になると、独立性の高いmoduleに分割できるという意味である(Riedel, 1978; Bonner, 1988; Raff, 1996)。例えば、四肢動物の肢芽や昆虫の各セグメントなどをそれぞれ一つのmoduleと考えることができるとしている。これらmodule内では、それぞれ特殊な形態形成機構が働き、その機構内での変化は他のmoduleにさほど影響を与えずに起きることができようとしていられる。もしもそうであるならば、飛躍的な進化を導く大きな突然変異は、案外確率の高い事象として頻繁に起きていたのかも知れないと想像されるのである。

以上二つの考えは、飛躍的進化論に道を開く可能性をもつのでは（と勝手に思い込んでいる）。

古生物学を含めて一般に自然史科学は、事実を集積する学問であるといわれる。しかし一方で、従来の定説によって説明できない現象を提示する勇気をなかなか持てないのも自然史科学である。そして、わかりやすい簡単なモデルが登場するとそれを無批判に受け入れがちなのもまた自然史科学である。進化総合説の台頭によって連続的な進化観が支配的となり始めた頃、化石記録が不連続で飛躍的な進化パターンを示していると堂々と論陣を張った古生物学者は、恐らく非常に少数派であったろうと想像できる。ところが、断続平衡説の登場によって、化石記録も進化的に説明できそうであると分かると、1970年代後半から1980年代の中頃まで、じつに多くの化石分類群について飛躍的な進化を示す事実が発表されたことはそのことをよく現している。

以上、非常に大雑把な話しになってしまったが、‘飛躍’ということに対する新しい視点からの議論が可能かもしれないということを述べただけである。数理の世界と化石の世界が、これからどんどん協力しあえるようになることを望んでいる。

文献

- Bonner, J.T. 1988. *The Evolution of Complexity*. Princeton University Press, Princeton.
- Buerger, R. 1986. Constraints for the evolution of functionally coupled characters: a non-linear analysis of a phenotypic model. *Evolution*, 40(1): 182-193.
- Mueller, G. B. 1989. Ancestral patterns in bird limb development: a new look at Hampe's experiment. *Jour. Evol. Biol.* 2: 31-47.
- Raff, R.A. 1996. *The Shape of Life: Genes, Development, and the Evolution of Animal Form*. University of Chicago Press, Chicago.
- Riedl, R. 1978. *Order in Living Systems: A Systems Analysis of Evolution*. John Wiley and Sons, NY.
- Schindewolf, O. H. 1950. *Grundfragen der Palaentology*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Erwin Naegle, Stuttgart, Germany. 英語訳; J. Schaefer, W. Reif and S.J. Gould. (tr.) 1993. *Basic Questions in Paleontology*. Univ. Chicago Press, Chicago/London.
- Wagner, G.B. 1988. The influence of variation and of developmental constraints on the rate of multivariate phenotypic evolution. *Jour. evol. Biol.* 1: 45-66.

第7回数理生物学シンポジウムオーガナイズドセッション：
”生物の形態・パターンの多様性と進化” 感想記

九大理 遠矢周作

今回初めて数理生物学シンポジウムに参加しました。その中でも2日目の「生物の形態・パターンの多様性と進化」のセッションは、私自身、皮膚ガンの形態形成というパターンに関する研究をしているということもあり、とても楽しく聴かせて頂きました。そこでこのセッションに参加した感想を書きます。

印象に残ったものひとつとして本多久夫先生のヤマボウシの樹枝分枝に関する発表があります。ヤマボウシは5又分枝をするのですが、これは3又分枝が2つ続けて起きることによるそうです。しかもはじめの分枝が水平に起きると、つぎの分枝は垂直に起きるといように、分枝の平面が交互になっているそうです。このような交互に分枝が起きるとい規則はアルゴリズムのように正確に決まっているようです。これが実現されるには少なくとも一つ前の分枝がどちらだったかを記憶している必要があると思いました。これが実際のヤマボウシでどのような機構によって実現されているのかはわかりませんが、分枝がこのような規則的手順を踏んでいるということは驚きです。

このような3分枝の連続であるヤマボウシの5又分枝は冬芽を作ることに起因しているとのことでした。ヤマボウシの近縁種であるヒマラヤヤマボウシ（ヒマラヤというのに暖かい地方の樹木だそうです）は3又分枝をするそうです。ヤマボウシは寒い環境への適応的な進化として冬芽をつけるのですが、その結果として生じた5又分枝という形態には適応的な意義がないということは、生物の形を考える上で大変興味深い結果だと思いました。

岩田洋佳さんの楕円フーリエ記述子による植物形態の定量的評価の発表がありました。私は皮膚ガンの形態を研究しているのですが、形態の定量化は難しい問題だといつも感じています。不勉強にして形の定量的扱いについて一般的な方法を知りませんでした。岩田さんは形態の定量的評価の手法として楕円フーリエ記述子を用い、そしてさらにダイコンの形態的特徴について分散分析を行い、さらに遺伝的解析につなげていました。私にとっては形態の定量化つまり、「形のものさし」として楕円フーリエ記述子を使うという手法自体も面白く、よい勉強になった研究でした。

竹中明夫先生の樹冠形成のシミュレーションモデルに関しては以前から同じ研究室の久保さんから聞いており、今回のセッションで楽しみにしていた発表の一つでした。一つの樹木の中ですべての枝に資源を等分配するものより、シュートをひとつの単位として、各シュートごとにローカルな光環境によって成長が制御されているというモデルの方が有利であるという結果は意外なもので、非常に面白いと思いました。

紙面の都合により特に私の印象に残ったこのセッションの中の発表を3つだけを取り上げました。ここには書ききれませんが、このセッションでは発生におけるパターン形成から縞枯れのような植物群集の作るパターンまで形態形成に関する様々な研究発表がありました。これらの研究発表を聴いたことで、パターン形成を研究する上での様々な手法について学ぶことができました。そして、学んだだけでなくこれをどう自分の研究にいかしていこうかと研究意欲もさらにかき立てられ、非常に有益な一日となりました。

就職活動も一段落し、先生はウィーンに行って一週間。
のんびりとインターネットで遊んでいたある日、

Tue, 29 Jul 1997

10月に阪大で行われる数理生物学シンポジウムの申し込みは今から
でも可能だそうです。至急、講演題名を僕まで連絡してください。

「えっ...?」
どぎまぎしながら(ちょっとドッキリかなあと思いながら)日は過ぎ、

Mon, 4 Aug 1997

阪大での数理生物シンポジウムの講演のタイトルは決まりましたか?
至急お知らせください。

「本気や〜〜!!」
研究が未完成のまま速攻でタイトルを考え返信。すると

Mon, 4 Aug 1997

追伸 発表の要旨のほうは、ぎりぎり8月18日まで待てるそうです。
その日までに着くように大阪女子大の難波さんに送っておいてください。

「そんなまた急に... 僕の学生最後の夏の日はあ!!」
そして次の瞬間またメール

Mon, 4 Aug 1997

こちらに来て2週間がたち、まあまあ大きなトラブルもなく、やっています。
環状道路を馬車が行き来するのを見ると、ウィーンに来ているなど感じます。

「なに!!」
僕の行き場のない気持ちを和らげてくれたのは同じ研究室で発表する
高橋由美子さんの状況でした。彼女は9月10日に3回も発表するそうで、
ちょっとおこってました。自分はたった1回(あとで2回になる)の発表
だと思つと、「まだましかなあ」と思うようになりました。
(あとから考えるとこれは全て先生の策略だったのではと思います。
不動産屋は、まず2.3件 条件の悪い物件を見せ最後に自分の売りたい物件
を紹介するそうで、「あっ そういうことか!!」と思いました。)

そうこうしているうちに発表まであと1か月に迫っていました。
発表までの準備はそれなりに進み、先生もウィーンから帰ってきていて、
あわただしくも充実した日々が過ぎていたある日、

「あれっ ここおかしいよ。」

「でっ でた〜〜!!」
証明のミスである。いつか出る出ると思っていたがまさかこんな切羽詰
まったときに!! 発表まで間に合うだろうか間に合うだろうか間に合
うだろうか... 嘘やろ嘘やろ嘘やろ... ちょっとパニックってました。
悪いのは僕だけ何ものこんなときに先生も人が悪い。

「はあ」
ため息1つついて、「やるっきゃないかなあ」と前向きに。
本人そう思っているも周りで見ている人からはかなり荒れているように
映ったらしく、非常に気を使っていたそうです。Thank you です。
周りの人の協力もあり何とか間に合うことができました。(シミュレー
ションは間に合わなかった。)この短期間とても良い経験ができました。

発表がまだの方 ぜひチャレンジしてみてください。いいですよ...

第7回 数理生物シンポジウムを終えて

高橋 由美子 (大阪大学大学院修士2年)

今回、初めてシンポジウムで発表させていただいたのですが、それに対してさまざまなご意見等を頂くことができました。ここでは、発表内容と頂いたご意見等をまとめてみたいと思います。

私の発表は『被食者捕食者モデルにおいて右利き左利きがある場合のダイナミクス』です。アフリカのタンガニイカ湖に生息するスケールイーター（鱗食種、うろこ食い）と呼ばれる魚には、口の開き方に偏りがあるという、右利き左利きといえる性質のあることが分かっていたのですが、その後の調査によりスケールイーターだけでなくすべての魚において同様の特徴があることがわかりました。その結果から、私は捕食者被食者の各々に2つのタイプを入れた場合にはどうなるかを考えています。

(1) 時間遅れのない連続モデル

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = rx_1 \left(1 - \frac{x_1 + x_2}{K}\right) - akx_1y_1 - bkx_1y_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = rx_2 \left(1 - \frac{x_1 + x_2}{K}\right) - bkx_2y_1 - akx_2y_2 \\ \frac{dy_1}{dt} = ax_1y_1 + bx_2y_1 - cy_1 \\ \frac{dy_2}{dt} = bx_1y_2 + ax_2y_2 - cy_2 \end{cases}$$

x1: 左利き被食者
x2: 右利き被食者
y1: 左利き捕食者
y2: 右利き捕食者

平衡点 $(x_1^*, x_2^*, y_1^*, y_2^*) = \left(\frac{c}{a+b}, \frac{c}{a+b}, \frac{r}{k(a+b)} \left(1 - \frac{2c}{K(a+b)}\right), \frac{r}{k(a+b)} \left(1 - \frac{2c}{K(a+b)}\right) \right)$ の

周りの安定性を調べるために平衡点の周りでの線形化を行ったが、固有値は負と純虚数であるため安定性が判定出来なかった。そこで、ずれに関して2次までの項を

取り安定性を判定することを試みたが、解の振動の幅Rの微分 $\frac{dR}{dt}$ を計算すると

$\frac{dR}{dt} \approx O(R^3)$ となり、平衡点の周りでの安定性はいえないことが言えた。

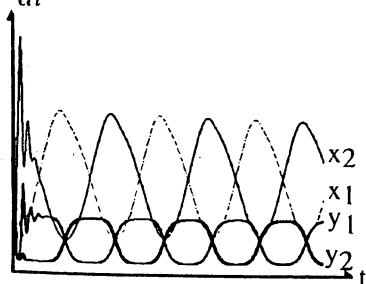


図1-1) a=4, b=5, c=2,
x1=0.1, x2=0.6, y1=0.6, y2=0.4

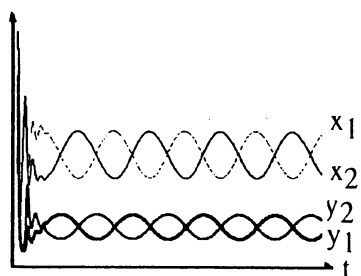


図1-2) a=4, b=5, c=2,
x1=0.3, x2=0.4, y1=0.5, y2=0.2

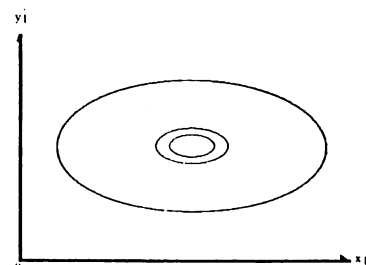


図1-3) a=5, b=4, c=2のパラメーターで3通りの初期値から始めた場合をx1y1平面に描いたグラフ

(2)時間遅れのある連続モデル

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = rx_1(t) \left(1 - \frac{x_1(t-\tau) + x_2(t-\tau)}{K} \right) - akx_1(t)y_1(t) - bkx_1(t)y_2(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = rx_2(t) \left(1 - \frac{x_1(t-\tau) + x_2(t-\tau)}{K} \right) - bkx_2(t)y_1(t) - akx_2(t)y_2(t) \\ \frac{dy_1(t)}{dt} = ax_1(t-\tau)y_1(t-\tau) + bx_2(t-\tau)y_1(t-\tau) - cy_1(t) \\ \frac{dy_2(t)}{dt} = bx_1(t-\tau)y_2(t-\tau) + ax_2(t-\tau)y_2(t-\tau) - cy_2(t) \end{cases}$$

このモデルでは、平衡点の周りで不安定であることがいえた。

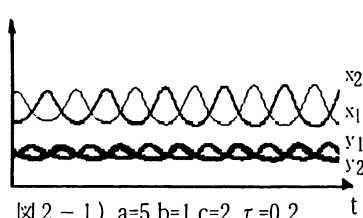


図2-1) a=5, b=1, c=2, τ=0.2

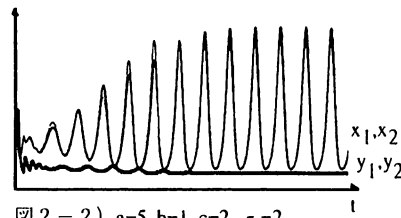


図2-2) a=5, b=1, c=2, τ=2

発表を終えた後の質疑応答では次の様な意見が出ました。

時間遅れのない場合には中立安定に近い状態だという結論に対し、シミュレーション(図1-3)で外側の軌道が少し平衡点に近づいていっているのは、数値計算の誤差なのかそれとも実際には安定なのかということ。この質問に対しては、その後刻み幅を小さく取り直して行ったところ、中立安定になりました。

モデルが対称すぎることから、中立安定になるので、対称性を崩すと簡単に安定性が言えるのではないか。密度依存ではなく、頻度依存でやったらいいのではないかというご意見もありました。

時間遅れのある場合、私は被食者捕食者は成長するためにも時間τがかかるとしたのですが、捕食者の増加率に関する式において、捕食者にも時間遅れτが入っているのはおかしいのではという意見もありました。また、被食者と捕食者の成長にかかる時間が違う場合は計算が複雑になるため考えませんでした。

また伝染病の研究の中で、伝染病に複数のタイプがあってホストにも複数タイプがあり、感染力が異なるときに振動がでるといったモデルがあるという、私の発表と非常に近い研究があることも教えて頂きました。

内容や発表の進め方などまだまだ至らない発表を温かい目で見守って、更に有難いご意見まで下さった方々に深く感謝致します。また、思った以上に興味を持って頂いて、新たな交流の範囲を広げることもできたことをうれしく思います。

On Growth and Form: Spatio-Temporal Patterning in Biology
Centre for Nonlinear Systems in Biology
University of Dundee
Scotland
20 - 24 September 1998

An international meeting supported by the Society for Mathematical Biology and the European Society for Mathematical and Theoretical Biology.

The meeting will mark the occasion of the 50th anniversary of the death of D'Arcy Wentworth Thompson and the topics under discussion at the meeting will be pattern formation in developmental biology, pattern formation in reaction-diffusion systems, pattern formation in intercellular systems, pattern and form in morphometrics.

Local Organizing Committee: MAJ Chaplain, J Crawford, P Smith, C Weijer, S Hubbard, R Herbert, GD Singh, P Slater (St. Andrews), J McLachlan (St Andrews)

Scientific Advisory Committee: JD Murray, L Wolpert, B Goodwin

The following plenary speakers will give talks:

J. Slack (Bath), P. Maini (Oxford), C. Tickle (University College London), J. Sherratt (Heriot-Watt), A. Hunding (Copenhagen), V. French (Edinburgh), B. Nagorcka (CSIRO Canberra), H. Meinhardt (Tuebingen), W. Alt (Bonn), C. Weijer (Dundee), J. McLachlan (St. Andrews), A. Schor (Dundee), P. O'Higgins (UCL), K. Mardia (Leeds), S. Lozanoff (Hawaii), S. Lele (Johns Hopkins), J-C Auffray (Montpelier), B. Goodwin (Open University)

The conference will begin on Sunday 20th September, finishing on Thursday 24th September. The meeting will evolve by focussing in turn on each of the following topics:

On the Growth of Form
On the Mathematics of Form
On the Dynamics of Form
On the Description of Form
On the Form of Form

The daily programme will consist of plenary talks, workshop sessions, poster presentations and discussion sessions. Each day will focus on one of the topics listed above and the invited talks will be of 45 minutes in length, with an additional 15 minutes allocated for a short question/discussion period. It is anticipated that there will be three plenary talks, of one hour duration, during each morning session punctuated appropriately with a coffee break. After lunch there will be one further plenary talk. The final plenary talk will immediately be followed by a workshop session which will take the format of a poster presentation session open to all other participants. We would expect and strongly encourage a significant number to be graduate students and young post-doctoral researchers. A limited amount of support from the Society of Mathematical Biology to assist participation by graduate students is available.

There will also be a permanent display of specimens from the University's D'Arcy Thompson Museum throughout meeting.

The cost of the conference will be 40 pounds per day which is inclusive of standard single room accommodation, breakfast, mid-morning refreshments, lunch, afternoon refreshments, dinner and bedroom beverage pack (En-suite rooms, double rooms and twin rooms will also be available). There

will be a registration fee of 75 pounds per person (40 pounds for a student) to cover the cost of room hire, a book of abstracts and audio-visual equipment hire.

The Tuesday afternoon will be devoted to excursions with trips planned to visit:

Glamis Castle (the setting for Shakespeare's play "Macbeth")

RRS Discovery (the sailing ship of Captain R.E. Scott who sailed to the South Pole)

The Blair Athol Whisky Distillery in Pitlochry, located in the southern Highlands.

There will be a conference dinner on the Wednesday evening.

A first call for poster abstracts will be made in early 1998. Full details including registration forms, full details of costs, full programme, abstracts, travel details will be available from the conference web-site (which has recently been up-dated) at URL:

<http://www.mcs.dundee.ac.uk:8080/~darcy98>

or from a link at URL:

<http://www.mcs.dundee.ac.uk:8080/>

These details will also be included in the next edition of the ESMTB Biomathematics Newsletter (issue #17, February 1998) and the SMB Newsletter.

Registration by e-mail or from the conference web-site is preferred. However, registration forms will also be available from Dr. M. Chaplain at the address below.

Any queries or requests should be directed either to the conference e-mail address:

darcy98@mcs.dundee.ac.uk

or to

Dr. M.A.J. Chaplain
Department of Mathematics
University of Dundee
Dundee DD1 4HN
Scotland

tel: +44 (0)1382 345369

FAX: +44 (0)1382 345516

e-mail: chaplain@mcs.dundee.ac.uk

<http://www.mcs.dundee.ac.uk:8080/~chaplain>

書評 『数理の発想 (アイデア) でみる社会』

小林淳一・木村邦博著 (ナカニシヤ出版, 1997年, 138頁)

松田裕之 (東大海洋研)

日本数理社会学会(JAMS)という学会をご存じだろうか。我が数理生物学懇談会と同じように、社会学を数理的に研究しようという学会らしい。一度参加してみて、S.Karlin『確率過程講義』(産業図書)の訳者である佐藤健一さんや、私が京大の学生時代にこの教科書の講義をされた河野敬雄さんのように、元教養部で数学の講義をされていた方が参加していることを知った。著者の一人である木村邦博さんは、現在この学会の事務局を引き受けておられる。

この本は数理社会学の入門書である。以前、Weidlich & Haag「社会学の数学モデル」(寺本英・中島久男・重定南奈子訳、東海大出版)という本が1986年に訳出されたが、両者には全く違う趣がある。私の印象では、Weidlich & Haagの方は数理・物理学者(あるいはシナジェティクス信奉者)の視点で社会学を論じる本であるのに対し、小林・木村の方は社会学の学生に数理社会学の手ほどきをしようという本である。前者の数式は難解で、正直言って私は途中で投げ出してしまった。後者の数学は、「確率・級数・ベクトルと行列・マルコフ連鎖・微分法など」及び囚人のジレンマゲームが丁寧に説明されているので、文系の学生でも読み通せることを意図していると感じる。しかも、章を追ってそれぞれの技法を修得できるように構成されている。

私見では、数学が易しいかどうかは読者を引きつけるのに重要な要素ではない。より重要なのはそこで論じる生物学や社会学の問題提起に魅力を感じるかどうかである。問題が魅力的で、答えが直感に反し、数理モデルがそれを見事に説明していれば、少々難解な数学でも読者を引きつける、と思っていた。しかし、数学畑の読者を想定するか、社会学(生物学)畑の読者を想定するかは、やはりはっきり分けた方がよいかもしれない。その点、この本が数理社会学で意図したように、生物学を主に学んできた学生に対して著したような数理生物学の入門書は、まだないのかも知れない。

MEセミナー

九州大学理学部生物学科 数理生物学講座

講演記録

('97年4月22日～'97年11月11日)

1997年

- 04/22 (火) ハガクレツリフネソウの二変種における花の形態分化の生態的要因
佐藤 永 (九州大・理・生物・生態科学)
- 05/20 (火) 魚類網膜における規則的な錐体モザイク形成
—連続分化モデルを用いた解析—
武居 明男 (九州大・理・生物・数理生物学)
- 05/22 (木) 格子上での協力の進化
—得点依存増殖率モデル—
中丸 麻由子 (九州大・理・生物・数理生物学)
- 06/17 (火) 学習、記憶と脳神経シナプスの可塑性
—分子レベルからのアプローチ—
伊藤 功 (九州大・理・生物・生体物理化学)
- 07/10 (木) 2種類の基質が存在する場合のアクチン/ミオシン滑り運動速度
今福 泰浩 (九州大・理・生物・生体高分子学)
- 08/19 (火) 進化を実験で物語る
四方 哲也 (大阪大・工・応用生物学)
- 09/09 (火) 團生物学国際基金共同研究についてのその後
武田 裕彦 (九州大・理・生物・数理生物学)
- 09/16 (火) ワシントン条約締約国会議について
石井 信夫
(九州大・比文連携講座・客員教授、(財)自然環境センター)
- 09/17 (水) Establishment probability in fluctuating environments
Patsy Haccou (オランダ・Leiden大学)
- 09/25 (木) Evolutionarily Stable Strategies of Dispersal: Mathematical Models and Analysis
(分散の進化的に安定な戦略：数理モデルと解析)
江副 日出夫 (大阪女子大・学芸・基礎理学)
- 09/25 (木) 遺伝子系統樹—進化の基本記述子
斎藤 成也 (国立遺伝研・進化遺伝研究部門)

- 09/26 (金) 食物網あれこれ
難波 利幸 (大阪女子大・学芸・基礎理学)
- 09/30 (火) 寄主-寄生蜂実験系における形質変化と個体群反応
Character changes and population response in a host-parasitoid experimental system
(生態科学講座と共催)
津田 みどり (九州大・農・生物的防除研究施設)
- 10/07 (火) 遺伝子重複による多重遺伝子族の進化：ハプロイドモデル
館田 英典 (九州大・理・生物・細胞遺伝学)
- 10/08 (水) 野生ニホンザル集団の動態に及ぼす環境変動と遺伝劣化の効果
Viability of a small population of Japanese macaques, *Macaca fuscata*,
in Kinkazan Island
高橋 亮 (東京大・理・生物)
- 10/21 (火) ヒト行動進化研究のこれまで、これから
高橋 亮 (東京大・理・生物)
- 10/28 (火) 絶滅リスク評価
箱山 洋 (科学技術振興事業団)
- 11/05 (水) ワークショップ：
コロニーのパターンフォーメーション

Concentric ring patterns in *Bacillus subtilis* colonies
Ismael R`afols (中央大・物理)

糸状菌コロニーのランダム成長モデル
松浦 執 (東海大・開発工)

A mathematical study on branching patterns of epithelioma
遠矢 周作 (九州大・理・生物・数理生物学)
- 11/11 (火) 捕食性昆虫の採餌行動の性差と産卵意思決定に影響する内的・外的要因
仲島 義貴 (九州大・農・生物的防除研究施設)

九大理学部・数理生物学講座では、随時講演発表を募集しています。
また、セミナー案内を E-mail か郵送でお送りしています。ご希望の方は下記の連絡
先まで、どうぞ。

連絡先：望月敦史
九大理学部生物学科 数理生物学講座
〒812-81 福岡市東区箱崎 6-10-1
tel (092) 642-2638 fax (092) 642-2645
amochscb@mbox.nc.kyushu-u.ac.jp

大域情報セミナー GI seminar

(1996年5月～1997年12月)

1997年5月8日(木) 3:00pm～5:00pm

第22回

上江洌達也(奈良女子大学理学部物理科学教室)

「確率的入出力関係の Perceptron による有限温度学習 — 出力ノイズモデルにおける最適温度 —」

1997年5月31日(土) 1:30pm～3:30pm

第23回

武田裕彦(九州大学理学部生物学教室)

「少数因子の相互作用を数理モデルにかける意義について」

1997年7月15日(火) 3:00pm～5:00pm

第24回

田中嘉成(横浜国立大・環境研・理論生態)

「社会選択理論と動物のコミュニケーションの進化」

1997年7月24日(木) 3:00pm～5:00pm

第25回

七條達弘・蔵 啄也(京都大・人間・環境学研究科/京都大・理学部動物学教室)

「争う資源価値に個人差がある連続ゲーム」

1997年10月3日(金) 3:00pm～5:00pm

第26回

Patsy Haccou (Institute of Evolutionary and Ecological Sciences (section Theoretical Biology), University of Leiden, The Netherlands)

"Establishment Probability in Fluctuating Environments"

1997年12月1日(月) 3:00pm～5:00pm

第27回

酒井一彦(琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所)

「パリカメノコキクメイシ(イシサンゴ目)の繁殖生態学」

大域情報セミナーの問い合わせ先：瀬野裕美(奈良女子大・理・情報科学)
PHONE & FAX. 0742-20-3442/ EMAIL. seno@ics.nara-wu.ac.jp

進化生態学酒話会講演録 (1997年)

2/15 第62回

「食物網内の物質循環・個体群間相互作用と生物群集の進化動態：
ファイトテルマータ・ミクロコズム系からのアプローチ」
曾田貞滋 (信州大・理)

4/26 第63回

「茨城県涸沼におけるカワザンショウガイの分布と生活史」
田代美穂 (茨城大・理)

6/21 第64回

「有害遺伝子の多面発現効果と表現型進化」
田中嘉成 (横浜国大・環境科学研究センター)

7/12 第65回

「Female-biased sex ratio in the surfgrass *Phyllospadix torreyi*」
Susan L. Williams (San Diego State University)

8/23 第66回

「野生動物集団の左右対称性のゆらぎの保全生物学への応用の可能性」
富山清升 (茨城大・理)

11/22 第67回

「シカ捕食者生態系復元に向けての評価方法」
高橋紀夫 (東京農工大・連合農学研究科)

世話人：仲岡雅裕 (東大海洋研・海洋生物生態)

TEL. 03-5351-6473, FAX. 03-5351-6471

E-mail: nakaoka@ori.u-tokyo.ac.jp

松田裕之 (東大海洋研・資源解析)

TEL. 03-5351-6494, FAX. 03-5351-6492

E-mail: matsuda@ori.u-tokyo.ac.jp

- ・ E-mailによるセミナー案内を行っております。ご希望の方はご連絡下さい。
- ・ ホームページ：<http://www.ori.u-tokyo.ac.jp/ayu/syuwakai/> もご参照下さい。

東大海洋研・資源解析部門セミナー

(1996年)

5/21 1996年度・第1回

「再生産情報に基づく資源管理に関する研究計画」

李 雅玲 (東大海洋研・資源解析)

6/6 特別講義

「環境の不確実性と生物の行動・生活史・個体群動態および進化」

吉村 仁 (NERC Centre for Population Biology, Imperial College, U.K.)

6/18 第2回

「放流効果を考慮したSPR型資源管理」

森山彰久 (東大海洋研・資源解析)

7/18 第3回

「Spawning Potential に基づく水産資源管理の理論と展望」

勝川俊雄 (東大海洋研・資源解析)

7/30 第4回

「Fisheries resources management of Lake KENYIR, Malaysia」

Mohammad Zaidi (東大海洋研・資源解析)

9/22 第5回

「年別漁獲重量データに基づく産卵資源量あたり加入量の把握」

大西修平 (東大海洋研・資源解析)

10/22 第6回

「ズワイガニのSPR型管理に関する研究」

李 雅玲 (東大海洋研・資源解析)

11/19 第7回

「最近の国際漁業委員会での話題から」

平松一彦 (遠洋水研)

12/11 第8回

「ホッキョククジラの資源管理に関する話題」

岡村 寛 (遠洋水研)

12/17 第9回

「持続的漁業と漁業インパクトの理論的評価 - 浮魚類を中心として -」

竹中靖人 (東大海洋研・資源解析, 九大理)

(1997年)

1/21 第10回

「ミナミマグロの資源評価と将来予測」

竹内幸夫 (遠洋水研)

2/1 特別講義

「A biomass-based assessment model and stock recruitment model」

L. D. Jacobson (Southwest Fisheries Science Center, California, USA)

2/25 第11回

「中国・東湖の水質管理と魚類生産」
立川賢一（東大海洋研・資源解析）

3/18 第12回

「再生産期待型の種苗放流効果とSPR型の資源管理との比較検討」
森山彰久（東大海洋研・資源解析）
「日本海産ズワイガニのSPR型資源管理に関する研究」
李 雅玲（東大海洋研・資源解析）

4/22 1997年度・ガイダンス

「数理生態学事始め」
松田裕之（東大海洋研・資源解析）

5/6 第1回

「エゾシカ管理計画－漁業管理との共通点と相違点」
松田裕之（東大海洋研・資源解析）

5/20 第2回

研究紹介「種苗放流の遺伝的影響に関する数理的研究」
横田賢史（東京水産大）

6/24 第3回

「保全生物資源学研究会のための準備会第1回」
和田時夫（中央水研）・松宮義晴（東大海洋研・資源解析）

7/8 第4回

「時系列データからカオスを探る」
津田みどり（東大院・総合文化研究科）

7/22 特別講義

「Conservation and restoration of eelgrass - the importance of genetic diversity」
Susan L. Williams（San Diego State University, USA）

8/5 第5回

「フナ有性・無性集団の共存」
箱山 洋（九大理・科技庁CREST）

8/27 第6回

「最適漁獲（収穫）政策とその周辺」
竹中靖人（東大海洋研・資源解析，九大理）

9/2 第7回

「日本海西部海域の雌ズワイガニのSPR型資源管理」
李 雅玲（東大海洋研・資源解析）

9/16 第8回

「放流魚産卵ポテンシャル指数の提唱と再生産期待型の種苗放流」
森山彰久・松宮義晴（東大海洋研・資源解析）

10/3 第9回

「美智子皇后陛下のヒラメ～内水面総合センター建設」
下中邦俊（福井水試）

10/21 第10回

「プランクトン個体行動モデリングへの新しいアプローチ」
山崎敦子（日本工業大）

11/11 第11回

「北海道沿岸におけるトド駆除の千島列島個体群への影響：
人口学的モデルによる評価」
高橋紀夫（東京農工大院・連合農学研究科）

11/18 第12回

「ウナギ資源研究事始め」
塚本勝巳（東大海洋研・漁業測定）

・ ホームページ（セミナー案内）：

<http://www.ori.u-tokyo.ac.jp/ayu/seminar/guide.html>

・ E-mailによるセミナー案内を行っております。ご希望の方はご連絡下さい。

・ 問い合わせ先：松田 裕之

東京大学海洋研究所資源解析部門

TEL：03-5351-6494

FAX：03-5351-6492

e-mail: matsuda@ori.u-tokyo.ac.jp

生物システムセミナー

静岡大学工学部システム工学科システム数理講座では、生物システムに対する理解を深めるために、国内および海外から浜松に来ていただいた研究者によるセミナーを開催しています。

第1回 1997年 4月21日(月) 17:00~18:00

題目: 逆境に抵抗する生物
講演者: 巖 圭介 (農林水産省 農業環境技術研究所)

第2回 1997年 7月22日(火) 17:30~18:30

題目: 利他行動の進化と個体の分散
講演者: 河田 雅圭 (東北大学大学院 理学研究科生物学教室)

第3回 1997年11月20日(木) 15:00~17:00

<PART I>

題目: 雌雄同株植物の性投資:なぜ、メス器官に多く投資するのか?
講演者: 酒井 聡樹 (東北大学大学院 理学研究科生物学教室)

<PART II>

題目: 宿主抵抗性と病原体ビルレンスの軍拡共進化
講演者: 佐々木 顕 (九州大学 理学部生物学教室)

場 所: 光電機械工学科棟2階 会議室 (静岡大学浜松地区)

静岡大学(浜松地区)は、浜松駅のバスターミナル15番または16番のりば(文丘まわりは除く)からのバスで約20分くらいです。

*セミナーに関するお問い合わせは下記までお願いします。

E-mail: aoki@sys.eng.shizuoka.ac.jp (青木一郎)
y-takeuchi@ipch.shizuoka.ac.jp (竹内康博)
jin@sys.eng.shizuoka.ac.jp (吉村 仁)
sato@sys.eng.shizuoka.ac.jp (佐藤一憲)

*生物システムセミナーのホームページもご覧ください。

<http://www.sys.eng.shizuoka.ac.jp/biosys/>

編集後記

今回からニュースレターの編集を担当することになりました。気がつけば静大工学部システム工学科も数生懇の教官会員が4名になりました。工学部というものづくりを中心とする部局の中で数理生物学がどのように発展(絶滅?)するか温かく見守ってください。

今後2年間どのようにニュースレターを編集していくかについて編集局で議論しました。その結果、今回のニュースレターの記事である大阪府立大学数理工学科の原先生の記事からヒントを得て、「入門以前」シリーズを2年間続けることに決定しました。数理生物学でよく使われている道具や理論を、初めて目にする人にも理解できる「内容的には入門というより、門を遠くから眺めながら近づき、門外から門内を少しのぞいてみよう」という趣旨のシリーズです。この後どのような道具や理論を取り上げて行くべきか編集局でも議論していますが提案がありましたらお願いします。

今号は上記入門以前と10月の第7回数理生物学シンポジウムの感想を特集しました。記事は締め切りまで1月しかないなかで書いていただきました。編集局一同感謝しています。

次号は修士論文要旨特集ですので原稿の方よろしくお願いします。

静大工学部では11/8, 9とテクノフェスタイン浜松と銘打って高校生や市民に工学部を開放しました。数生懇のメンバーはマセマテカを用いて「円錐を平面で切ったときにできる曲線」や「フーリエ級数の収束」等をデモしました。大学も宣伝をしなければ生き残れない時代なのかなーと思うとともに、システム工学科の第一期生である3年生を巻き込んで結構楽しめました。彼らのうち何人が数理生物学に興味を持って卒研生に来るか楽しみにしています。(竹内)

ニュースレター編集局：〒432 浜松市城北3-5-1

静岡大学工学部システム工学科内

JAMB NewsLetter 編集局

FAX 053-478-1200

青木一郎 tel: 053-478-1211

email: taiaoki@eng.shizuoka.ac.jp

竹内康博 tel: 053-478-1200

email: y-takeuchi@ipch.shizuoka.ac.jp

吉村仁 tel: 053-478-1215

email: jin@sys.eng.shizuoka.ac.jp

佐藤一憲 tel: 053-478-1212

email: sato@sys.eng.shizuoka.ac.jp

目次

NewsLetter編集局移転のお知らせ

表紙見返し

研究紹介

時間遅れをもつ微分方程式—入門以前—	原 惟行	1
集団遺伝学から見た複雑系研究	舘田 英典	18

寄稿

プリンストン往還記—あるいは巡礼者のためのガイドブック'97—	久保 拓弥	21
C.I.M.E.1997参加記	瀬野 裕美	25
ECOSUD97報告	吉田 昭彦	29

第7回数理生物学シンポジウム

数理生物学シンポジウムオーガナイズドセッション： ”生物の形態・パターンの多様性と進化”を終えて	関村 利朗	33
数理生物学シンポジウムオーガナイズドセッション感想記： 化石記録を説明する進化論はまだか？	森田 利仁	34
数理生物学シンポジウムオーガナイズドセッション感想記	遠矢 周作	37
数理生物学シンポジウム参加記	十楚 健司	38
第7回 数理生物シンポジウムを終えて	高橋由美子	39

国際学会の案内 (On Growth and Form) 41

書評

数理の発想 (アイディア) でみる社会	松田 裕之	43
---------------------	-------	----

セミナー記録

MEセミナー (九州大), GIセミナー (奈良女大), 進化生態学酒話会、東大海洋研・資源解析部門セミナー, 生物システムセミナー (静岡大)		44
--	--	----

会員情報の更新 ('97.9~'97.12) 52

編集後記

裏表紙見返し

目次

裏表紙

数理生物学懇談会ニュースレター第24号
1997年12月発行
〒432 浜松市城北3-5-1
静岡大学工学部システム工学科
数理生物学懇談会ニュースレター編集局
印刷・製本 うめだ印刷 (株)