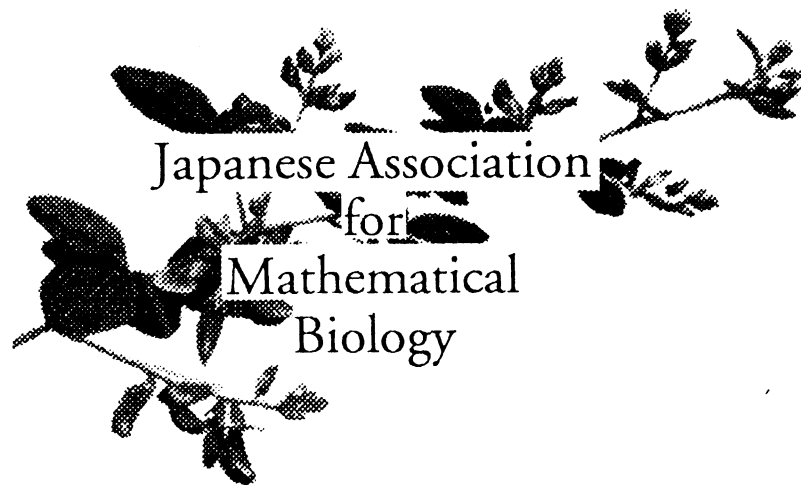


数理生物学懇談会  
ニュースレター

第5号

1991年9月15日



第2回数理生物学シンポジウムとして研究集会「Mathematical Topics in Biology」が京都大学数理解析研究所において行なわれます。講演のプログラムが下記のように決まりましたので御案内いたします。

## 1991年 数理生物学シンポジウム 日程予定

場所 京都大学数理解析研究所

日時 1991年 10月7日(月)～9日(水)

10/7(月) 午後

13:00 - 14:40	講演
14:40 - 15:00	休憩
15:00 - 17:00	講演

10/8(火) 午前

9:20 - 11:00	講演
11:00 - 11:20	休憩
11:20 - 12:00	講演

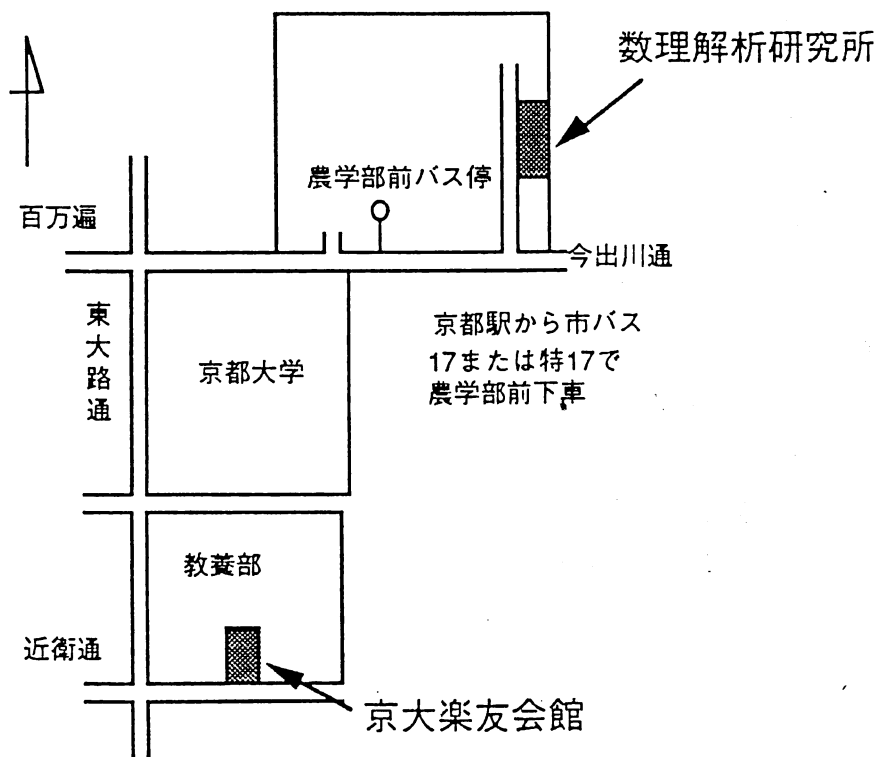
午後

13:00 - 14:40	講演
14:40 - 15:00	休憩
15:00 - 17:00	講演

10/9(水) 午前

18:00 - 懇親会(楽友会館)

9:20 - 11:00	講演
11:00 - 11:20	休憩
11:20 - 12:00	講演



# 数理生物学シンポジウム・プログラム

	Page
10月7日(月)	
13:00 - 14:00 寺本 英 (龍谷大・理工) エネルギー栄養段階の力学的安定構造	[招待講演] 4
14:00 - 14:20 Zhengyi LU and Yasuhiro TAKEUCHI (静岡大・工) Permanence and Global Stability for Diffusion Systems	11
14:20 - 14:40 瀬野 裕美 (日本医大) 生物集合に関する密度依存型拡散方程式モデル	12
14:40 - 15:00 休憩	
15:00 - 15:20 池上 高志 (神戸大・自然科学研究科) Genetic Fusion による戦略の進化	13
15:20 - 15:40 酒井聡樹 (東大・理) 虫媒花における花冠サイズの進化	14
15:40 - 16:00 稲葉 寿 (厚生省人口問題研究所) HIV/AIDS 感染モデルの Invasion Problem について	15
16:00 - 17:00 馬渡 駿介 (北海道大・理) コケムシ類の群体形成と進化	[招待講演] 7
10月8日(火)	
(午前)	
9:20 - 9:40 武田 裕彦 (京大・理) 発生系解析システムの開発の試み	16
9:40 - 10:00 宇佐見 義之 (神奈川大・工) 成長過程のsynapse形成を考慮したNeural Network	17
10:00 - 11:00 蔵本 由紀 (京大・理) 神経回路と位相情報	[招待講演] 8
11:00 - 11:20 休憩	
11:20 - 11:40 佐藤 一憲 巖佐 庸 (九大・理) 縞枯れ現象の格子モデル	18
11:40 - 12:00 泰中 啓一 (茨城大・理) 生物分布の集中化とそれに基づく間接効果	19
(午後)	
13:00 - 14:00 北村 新三 (神戸大・工) ニューラルネットの工学応用	[招待講演] 9

14:00 - 14:20	嶋田一郎 (東北大・教養)	20
	動物のフラクタル行動	
14:20 - 14:40	Masatoshi Murase (東京都老人研)	21
	Nonlinear Waves in Flagella	
14:40 - 15:00	休憩	
15:00 - 15:20	山内 淳 (九大・理)	22
	種内托卵の量的遺伝モデル	
15:20 - 15:40	高須 夫悟 (京大・理) 川崎 廣吉 (同志社大・理工研)	23
	中村 浩志 (信州大・教育) J. Cohen (Rockefeller Univ.) 重定 南奈子 (京大・理)	
	カッコウの育児寄生 - 宿種の卵識別能力の進化	
15:40 - 16:00	原田 泰志 (東京水産大・資源管理学科)	24
	放流個体と天然個体の遺伝的相違が放流効果におよぼす影響	
16:00 - 16:20	山村 則男 (佐賀医大・数学)	25
	血縁者のコンフリクトとその解消	
16:40 - 17:00	川崎 廣吉 (同志社大・理工研) 重定 南奈子 (京大・理)	26
	バクテリアの走化性によるパターン形成のモデル	
17:00 - 17:20	Zene Horii (岡山大・非線形)	27
	Convection 依存性の不安定化理論 (その微分方程式の一般形)	
18:00 -	懇親会	
10月9日 (水)		
9:20 - 9:40	高橋 智 (大阪市大・理) 堀 道雄 (和歌山医大)	28
	タンガニイカ湖の鱗食いの右利き・左利きについてのモデル	
9:40 - 10:00	高田 壯則 (北海道東海大・国際文化) 中島 久男 (立命館大・理工)	29
	密度依存的推移行列モデルを用いた植物の生活史進化の数理的解析	
10:00 - 11:00	山口 昌哉 (龍谷大・理工)	10
	数理生物学への想い [招待講演]	
11:00 - 11:20	休憩	
11:20 - 11:40	三村 昌泰 (広大・理) 辻川 亨 (広電大)	30
	集合パターンのダイナミクスについて	
11:40 - 12:00	方青 栄伸一郎 三村 昌泰 (広大・理)	31
	Inertial Manifold Theory on Reaction Diffusion Equations with an Application to Population Dynamics	

# エネルギー栄養段階の力学的安定構造

寺本 英 (龍谷大学 理工)

生態学に関係した多くの書物で、自然生態系における食物連鎖網あるいは栄養段階構造については、経験的常識として一般に

- (1) 自然生態系の中で見られる食物連鎖網では、引き続き繋がった連鎖の数は多くの場合高々4か5である。
- (2) 栄養段階の各段階に属している生物が保持するエネルギー量(バイオマス)は、上位の段階ほど小さく、全体としてピラミッド型をなしている。

と例を挙げて述べられている。こうした特性は、いわゆる complex system が示す global な特性の一つの典型的な例として極めて興味のある課題であり、実に多くの議論が既に展開されてきている (J. E. Cohen らの本 Community Food Webs の文献参照)。しかし、エネルギー流および物質循環の力学系としての視点に立った考察は、系の複雑さという障害もあって、ほとんど進んでいないのが現状である。そこで、食物連鎖網を通してのエネルギーの流れ (detritus を通しての循環は省略) についての力学的特性を解析した手順と結果を紹介する。

(I) 食物連鎖網を再構成した栄養段階: 食物連鎖網を構成している各種の生物が取り込むエネルギーを、何ステップ通して来たかにより、その割り合いで分割し、同じステップ数のエネルギーを加え合わせることによって栄養段階を構築する (Higashi, Patten and Burns, 1989)。こうして得られた栄養段階では個々の生物はバラバラにされてもとの姿形は全く無い。バイオマスのみが息衝いている。

(I I) エネルギー・バランスの式: このエネルギー栄養段階を通してのエネルギーの流れについて、各段階のバイオマス ( $M_1, M_2, \dots$ ) の時間的変動を記述する微分方程式 (力学系) を設定する。この場合、エネルギーの流れにたいする関数型は、ポピュレーションダイナミックスで用いられている種内・種間競争や捕食関係を反映させることになるが、特に捕食によるエネルギー流に対しては幾つかの関数型を考え得る。(得られた結果が採用した関数型に特異的に依存しないことが必要)

(I I I) 力学的安定解の位相的構造特性の調査: エネルギー流に対する力学系

$$d m_1 / d t = \varepsilon a_1 (m_1) m_1 - k_1 (m_1) m_2$$

$$d m_2 / d t = -\delta f_2 (m_2) m_2 + \alpha_1 k_1 (m_1) m_2$$

$$d m_3 / d t = \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots$$

$$(M_i = m_i K)$$

において、 $a_i(m_i) = 1 - m_i$  とし、 $f_i(m_i)$  と  $k_i(m_i)$  に対しては考えられる幾つかの関数型を入れ、特に二および三段階の場合について、共存定常解（リミットサイクルの中心も含めて）の安定性ならびに、パラメーター空間での位相的構造を調べ、それらが共通した位相構造を持つことを確かめた。そこで、中でも比較的簡単なヴォルテラ型2次の関数型を採用して解析することにした。

(IV) 基礎パラメーターの選択： 段階数を増すと共に、含まれるパラメーターの数は増加するが、河童、ゴジラやキングコング（残念ながらヒトも）などは対象から外すために、基本パラメーターを、生産者レベルの光合成率  $\varepsilon$  と、消費者（動物）レベルの有効エネルギー収率  $r = \alpha_i k_i / \delta_i$  の二つに絞って考える。ここで  $\alpha_i$  はエネルギー同化率であり、以下に示す計算では  $\alpha_1 = 0.25$ （植物）、 $\alpha_i = 0.4$ 、 $\delta_i = 0.25$ （動物  $i \geq 2$ ）とおいた。

(V) 階層数が1から5までの栄養段階について、それぞれ安定定常状態の成立条件を求め、パラメーター（ $\varepsilon - r$ ）空間で各階層数の栄養段階が実現可能な範囲（あるいは上層生物の侵入可能条件）を明らかにする。

(VI) 上記5階層までの各栄養段階について、安定定常解としてのバイオマスを求め、その解析から実際にピラミッド構造を示す（ $\varepsilon - r$ ）空間での範囲を明らかにする。

(VII) 上記の各場合について、(VI)のデータから系全体としてのバイオマス最大の条件を求める。

## 結果

(i) 解析(V)から多階層栄養段階ほど、それが実現されるためには生産者層の光合成率  $\varepsilon$  と消費者層の有効エネルギー収率  $r$  が共に高い値をとらねばならない。この内、有効エネルギー収率  $r$  は動物のエネルギー代謝機構と関連して、平均的にある限られた範囲の値をとると考えられるが、生産者層の光合成率  $\varepsilon$  は無機栄養物質や光・温度・湿度などの物理的環境条件に依存して、比較的大幅に変わる性質のパラメーターである。しかしこれにも上限があって、自然生態系では多くの場合高々5階層の栄養段階が実現出来る範囲にパラメーター値が収まっているのであろうというのが1つの推論的結論である。これは、今後実際のデータを詳しく調査して確かめるべきことである。

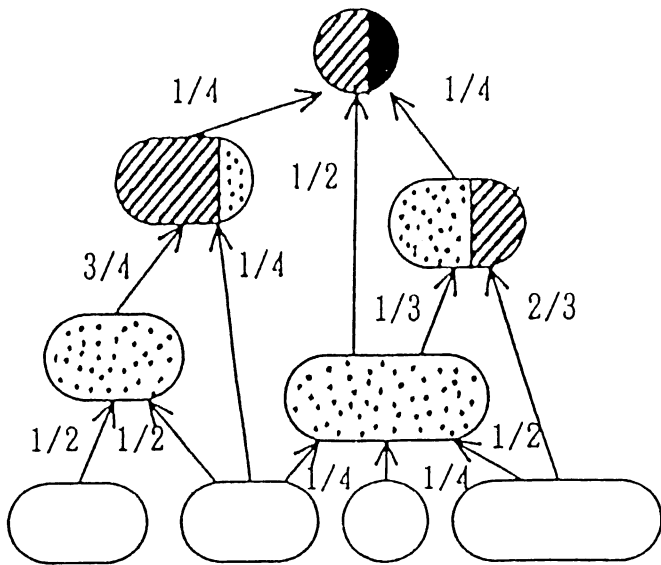
(ii) ピラミッド型構造は、熱力学的思考からの直感としては当然とも思えるが、決して単純な話ではない。解析(V)と(VI)からは

(a) 与えられたパラメーター値に対して実現可能な最高層の栄養段階が実現しているときには、ピラミッド構造を形成する場合が多い。

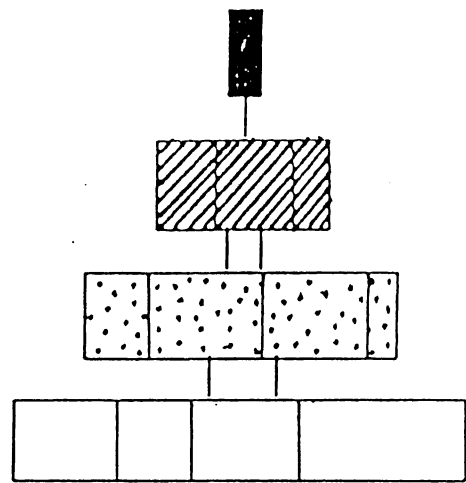
(b)  $\varepsilon$  か  $r$  の値が増して、その形が崩れ、上層のバイオマスの大きさが逆転するようになると、さらに上位の生物の侵入が可能になって階数が1つ付け加わって、ピラミッド型が回復することが多い。

という結果が得られる。ここで採用した力学モデルに関する限り、下線を付した表現しかできないが、現実性のあることのように思える。

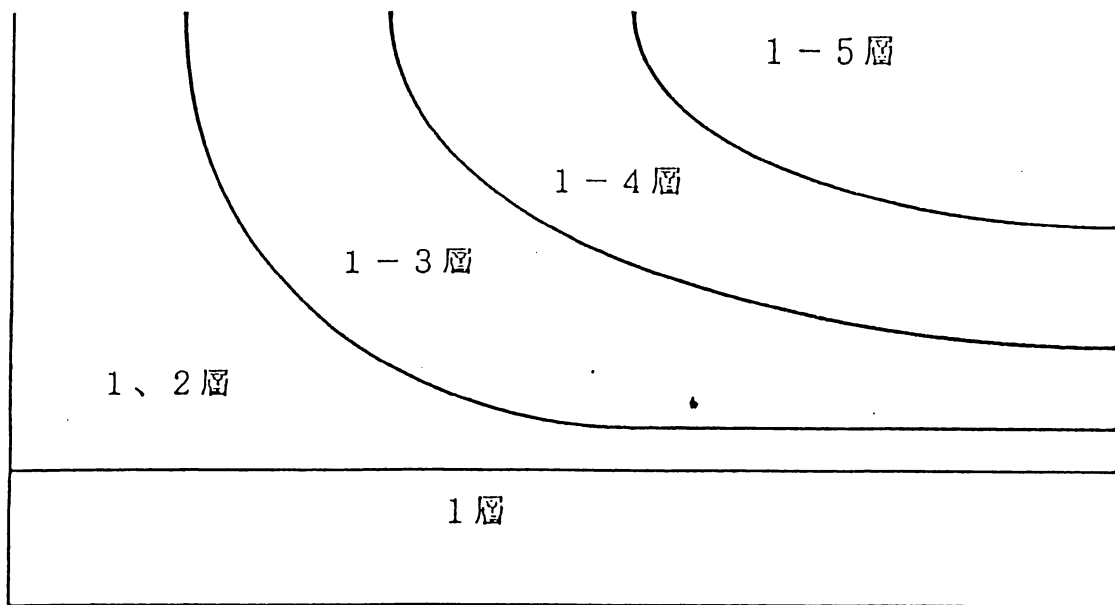
(iii) トータルバイオマスを調べることは、生態系の進化・遷移の問題、さらには利己的遺伝子による繁栄か、それとも共存社会の密度を高める繁栄かといった問題と関係して極めて興味ある問題であるが、目下計算が進行中でまだ結果がまとまっていない。



食物連鎖網



再合成栄養段階



階層成立範囲

# コケムシ類の群体形成と進化

馬渡 駿介 (北海道大 理・動物)

触手動物門苔虫綱に属するコケムシ類は、海藻や腔腸動物のヒドロ虫とよく見間違われる水生の群体性固着動物である。大きさは1 mm 前後の微小な個虫が多数集まって群体を作り、水中の石、岩、他生物などの表面を被覆、あるいはその上に起立して生活をする。幼虫は有性生殖で生じ、親個虫の体を離れてしばらくの間水中を泳いだ後付着し、変態して初虫と呼ばれる個虫となる。この最初の個虫から次々に無性出芽が起こり、群体が形成される。個虫はクチクラまたは石灰質製の虫室とその中におさまった虫体で構成される。虫体の前部には触手があり、その表面に密集した繊毛の運動によって水流を起こし、ガス交換を行なうと同時に水中の有機物粒を口へ運ぶ。すなわち、コケムシ類は濾過食性動物 (filter feeder) である。

動物の一般特性とされる、“動くこと”を放棄したコケムシ類は、制限要因の多い固着生活の中で、繁殖と摂食の効率を高め、外敵をうまく防御する方向に進化してきたと考えられる。繁殖戦略は主に、生活史あるいは生態的特性を改良する事で全うされ得る。また、外敵防御に関しては個々の個虫の構造改良が役に立つ。そして摂食の高効率化は生息環境に即して群体形を改変することが主要な過程と考えられる。すなわち、群体形は適応形質である可能性が高い。したがって、コケムシ類に実在する単なる runner から複雑な三次元起立群体に至る多様な群体形には、それぞれ科学的な存在理由があるものと考えられる。

以上のような観点に立って近年、コケムシ群体の数理解析が始まっている。今回はそれらの研究の成果を紹介し、群体形の進化方向について考察する。



最近の生理学実験からの知見によれば、哺乳動物の脳の種々の領野において、感覚刺激に対するニューロンの応答が振動的であること、すなわちスパイク頻度の周期的変動がごく普通に見られることが明かとなってきた。このような振動現象が情報処理上何らかの積極的意義を持つのかどうかということが近年大きな関心を呼ぶ話題となっている。von der Malsburgをはじめとする人達の考えによれば、情報処理の初期段階においてすでに脳は相互に似た特徴を持つ感覚刺激をひとまとまりのものとして受け取る。そして、素情報を相互にリンクするに際して、ニューロン振動間の引き込み現象が利用されている。最近のGray-SingerやEckhorn達による視覚情報処理の実験はこのような考え方の正当性を強く支持しているように思われる。

しかるに、伝統的な神経回路網モデルは元来振動現象になじまず、上記のような問題を考察するための枠組みとして適切とは思えない。これは、単一のニューロンが立派に一つの振動子として振舞えるという明白な事実を従来のネットワークモデルは最初から無視しているからである。このような状況から、最近では振動子のネットワークモデルが脳の感覚情報処理の問題との関連において提案され解析されるようになってきた。しかるに、そこで仮定される機能素子としての振動子は従来のモデルニューロンとはおよそ趣を異にするものである。そもそもいかにして単一のニューロンがある場合にはイジングスピンのように振舞い、他の場合にはスムーズな振動子、あるいは極端な場合には最近のSonpolinsky達の仕事におけるようにXYスピンのように振舞うことができるのだろうか。これら一見相反する二側面を一つの簡単な機能素子に統合することは可能であろうか。もしこれができれば、個々の素子が位相情報を担うことによってきわめて柔軟性にとんだ神経回路網モデルを作ることが可能となろう。本講演ではこの問題への一つのアプローチとして、周期的バーストを示すニューロンの回路網に対する一モデルを提案し、その解析結果の一端を報告する。

仮想ニューロンの概念を用いたニューラルネットの研究は1940年代より成されてきたが、その内容は逐次処理型コンピュータの発展の影に隠れていた。しかし、1980年代に至りこの分野の研究が再登場し、工学応用も盛んに論じられつつある。この手法は、多層ニューラルネットに代表されるように、例題学習により対象のもつ構造をネットワークの結合係数に分散的に習得し、これを利用しようとするものである。多くの工学の問題が逆問題として捉えられるように、ニューラルネットの役割もまたこのカテゴリーの枠内で考えることが解りやすい。

しかし、現時点では基礎研究も未熟であり、工学技術として従来の伝統的手法（知識集積を基盤としたアルゴリズム的手法）の欠点を補完できるかどうかははっきりしないところもある。

講演においては、筆者が進めてきた研究を含め、次の内容について触れる。

形式ニューロンとニューラルネット

逆問題へのアプローチ

多層ネットワークの能力と逆伝播学習

計測と制御での応用例

緩和形ネットワーク / ポテンシャル関数の最小化

ロボット工学における逆運動学

# 数理生物学への想い

山口 昌哉 (龍谷大・理工)

Logistic 方程式からはじまり、数学はいくたびか、生物そのものではないが、生物らしい感じをあたえる対象の側をかすめてきている。特にカオス的、力学系は、自己組織系のもっとも単純な例であるという意見もある。(F. Varela) 自己組織的臨界情況という言葉もつかわれるようになって来た。

この講演では、これらの言葉について、その相互関係を考えたいのであるが、それはまだ数学の形にはできていない。将来の問題を整理したい。

自己相似集合の連続性はこのとき、重要なものと考えられる。  
もし時間が許せば、関数の展開について述べたい。

# PERMANENCE AND GLOBAL STABILITY FOR DIFFUSION SYSTEMS

Zhengyi LU and Yasuhiro TAKEUCHI

Department of Applied Mathematics, Faculty of Engineering,  
Shizuoka University, Hamamatsu 432, Japan

For the following cooperative diffusion system with two patches

$$\begin{aligned}\dot{x}_i &= x_i(b_i + \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j) + D_i(y_i - x_i), \\ \dot{y}_i &= y_i(\bar{b}_i + \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}y_j) + \bar{D}_i(x_i - y_i),\end{aligned}$$

for  $i = 1, \dots, n$  where  $b_i, \bar{b}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) are positive constants,  $a_{ii}, \bar{a}_{ii}$  ( $i = 1, \dots, n$ ) negative,  $A=(a_{ij})_{n \times n}$ ,  $\bar{A}=(\bar{a}_{ij})_{n \times n}$  matrices with nonnegative offdiagonal elements and nonzero determinants,  $D_i, \bar{D}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) nonnegative diffusion constants and  $x_i, y_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) describe the densities of species  $i$  in patch  $X$  and  $Y$  at time  $t$ , we have

**THEOREM 1.** The system is permanent iff both  $A \in S_w$  and  $\bar{A} \in S_w$ .

Here  $A \in S_w$  means that there exists a positive diagonal matrix  $W$  such that  $WA + A^T W$  is negative definite.

Consider the following system with nonlinear diffusions

$$\dot{x}_i = x_i(a_i - b_i x_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^n D_{ij}(x_j^2 - \alpha_{ij} x_i^2)$$

under the assumption that the determinant of matrix  $D=(d_{ij})_{n \times n}$  is not zero, where  $d_{ij} = D_{ij}$  for  $j \neq i$ ,  $d_{ii} = b_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n D_{ij} \alpha_{ij}$ , we have

**THEOREM 2.** a) The system possesses a globally stable positive equilibrium point  $x^*$  if  $D \in S_w$ ; b) every solution of the system is unbounded, i.e.  $\lim_{t \rightarrow T_x} x(t) = \infty$ , if  $D \notin S_w$ .

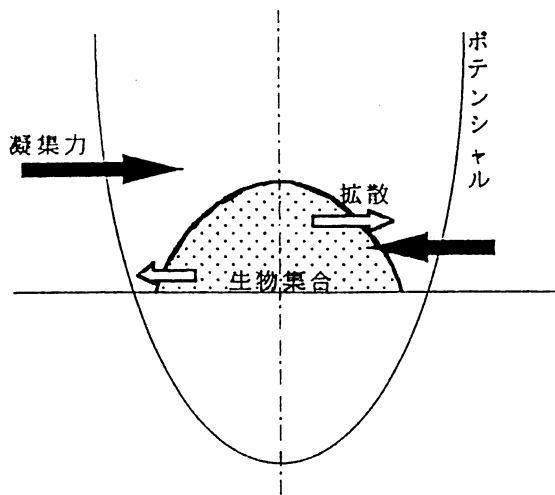
Here,  $(0, T_x)$  is the maximal interval of existence for  $x(t)$ .

# 生物集合に関する密度依存型拡散方程式モデル

日本医科大学基礎医学情報処理室 瀬野裕美

生物界において見られる様々な集合形態 (flock, swarm, shoal, school etc.) についての密度依存型拡散方程式によるモデルの可能性を探る。

定常的な集合形態については、最も大雑把な見方として、『「集合」を促す力と込み合いを避けようとする力の釣り合いによって集合形態が決められている』というものがある。そこで、「集合を促す力」として、集合形態の中心に向かう力を生むポテンシャルを考え、「込み合いを避けようとする力」として密度依存型の拡散をモデルとして考えることにする：



$$\frac{\partial n}{\partial t} = \text{div}\{|n|^m \text{grad} n\} + \text{div}\{n \cdot \text{grad} U\}$$

$n$  : 生物集合における個体群密度

$t$  : 時間

$U$  : 集合中心に向かう単位個体群密度あたりの外力を生み出すポテンシャル関数

$m$  : 込み合いを避ける度合いを表現する拡散の密度依存係数

このモデルの定常解を定常的な集合形態のモデルと見るわけである。本講演では一次元空間モデルのみを扱う。

ポテンシャル関数  $U$  の性質がモデルの定常解の形を大きく左右する。特に、増殖項がないモデルであるから、ポテンシャルの形によっては定常解が存在しない場合がある。また、定常解の示す集合形態の分布域が有限である場合と無限である場合があり、それは、ポテンシャルの形と集合形態を形成する個体群総数による。

具体的なポテンシャル関数  $U(r) = \text{sgn}(\gamma)kr^\gamma$  ( $r$  : 生物集合からの距離,  $\gamma$  : ポテンシャルの強さを特徴付けるパラメータ) について考えてやれば、データからポテンシャルの強さ、つまり、好集合性の強さ、 $\gamma$ 、および、込み合いを避ける度合い、 $m$ 、を評価することも可能である。このように、データから生物集合に内在的な性質を定量化し、生物集合を特徴付けることのできる可能性がある。

本講演では、このモデルの数学的性質のみならず、タンガニイカ湖産カワスズメのshoalのデータ (京都大理・動物・中井克樹による) やその他の生物集合形態をこのモデルで扱ってみた試行の結果も紹介する。

# Genetic Fusion による戦略の進化

池上 高志 (神戸大・自然科学研究科)

ゲーム理論、とくに、くりかえしゲーム理論では、いかにして戦略が進化しているかという Dynamics を考えることが重要になる。ここでは我々の開発した "Genetic Fusion" アルゴリズムを用いて、おもに、くりかえしジレンマ・ゲームに関し、どのように戦略が進化してくるかを解析する。

# 虫媒花における花冠サイズの進化

酒井聡樹 (東大・理・植物園)

虫媒花の花冠サイズは、配偶システムによって大きく異なる。例えば、自殖性の植物は他殖性の植物に比べ花冠が小さい (Ornduff, 1969)。雌雄異株の場合、♀の花冠は♂の花冠よりも小さい (Bell, 1985)。Lloyd (1987) と Charlesworth and Charlesworth (1987) は、自殖率が大きくなるほど花冠サイズが小さくなることを理論的に示した。これは、自殖率の増加に伴い花粉の数が減少するためである。Bell (1985) は、♀の花冠が小さいのは、♀の胚珠は一度の訪花で受粉してしまうのに対し、♂の花粉は、すべて運び去られるのに多くの訪花を必要とするからであるとした。

しかし彼らの考えは正しいのであろうか。彼らは、一個体がつける花の間での資源の分配を考慮していない。すなわち、

$$F = A + M + F \quad (1)$$

( $F$ : 繁殖投資;  $A$ : 花冠サイズ;  $M$ : ♂器官サイズ;  $F$ : ♀器官サイズ; 雌雄異株なら  $M = 0$  または  $F = 0$ ) とおいている。しかし、

$$F = MA + M + A \quad (2)$$

( $M$ : 花の数) とおいた方が現実的である。この仮定に基づき、虫媒花における花冠サイズの進化を予測した。

花冠サイズは、自殖率や雌雄性に関わらず一定となる。それは、花冠への投資に対する訪花頻度が最大となるサイズである:

$$V/A = dV/dA \quad (3)$$

( $V$ : 訪花頻度、 $A$  の S 字関数とする) 自殖率の違いにより、花粉/胚珠の比は変化する。また、花粉と胚珠 (種子) では一つあたりのコストが大きく異なるため、♂と♀では生産できる配偶子の数が異なる。この時、一花のサイズ ( $V/M$  を変えることにより、 $M$  や  $F$  を変化させる。しかし、花冠サイズは (3) のまま保たれる。

ところが、花のサイズに制限 (機械的強度の問題など) があれば、(3) を保つことができなくなることがある。この時は、自殖率が高いと花冠は小さくなり、♀の花冠は♂より小さくなる。

同じモデルで、花冠の性についても予測できる。♂器官に対する寄与が大きい場合、♀器官に対する寄与が大きい場合、両者に等しく寄与する場合がある。

## HIV/AIDS感染モデルの Invasion Problem について

### — 線形化原理と閾値定理 —

稲葉 寿 (厚生省人口問題研究所)

HIV/AIDSの流行は今日の世界における最も重要かつ深刻な保健・医学上の問題であるが、同時にその感染過程の研究は数理疫学 (mathematical epidemiology) に対して興味深い課題を投げかけている。HIV/AIDSは基本的には同性間ないし異性間の性行為により感染するSTD (sexually transmitted disease) であるが、性行動は社会集団によって極めて異なり、その他にも輸血や注射針などによる感染などもあるために、リスク・グループが非常に多様である。また8年から10年ともいわれる極めて長い潜伏期間 (incubation period) をもち、その間における感染者の感染力 (infectivity) にはおおきな変化があることも重要な特徴であろう。AIDSに対して現在までのところ有効な治療法がないため、それによる死亡率 (ないしはリスク・グループからの離脱) の増加は多くの伝統的な伝染病モデルにおける host population の人口学的定常性の仮定を破壊してしまうと同時に感染率の人口規模依存性を無視できないものになっている。こうした視点を取り入れたHIV/AIDS感染の数学的モデルは一般に non-local な境界条件をもつ非線形偏微分方程式になり、その解析は容易ではない。

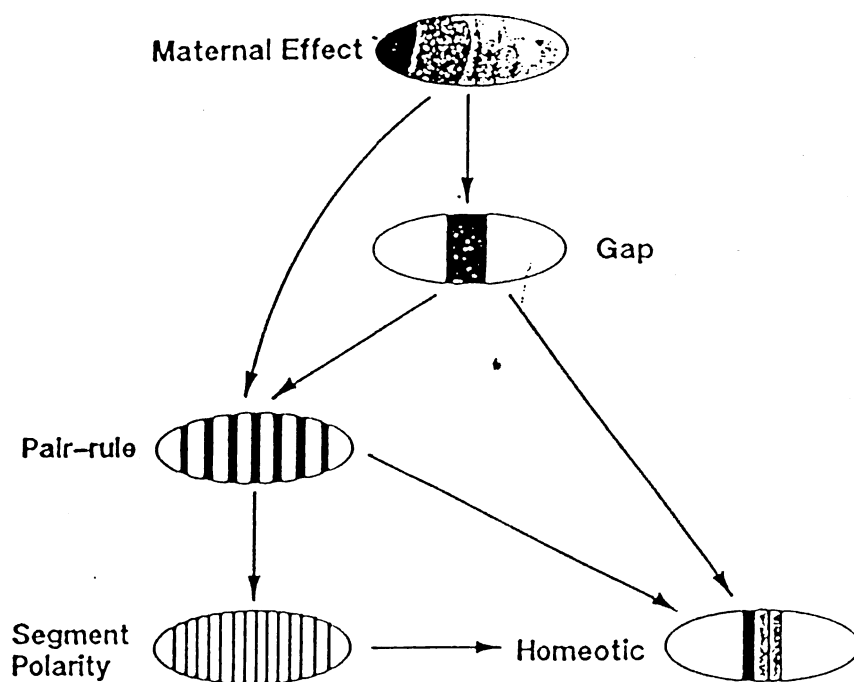
一方、伝染病の流行モデルにおいて最初に問われるべき最も基礎的かつ重要な問題は、特定の被感染性人口集団 (susceptibles) に感染者が発生した場合にそれが流行 (epidemic) となる条件 (閾値) を問う Invasion Problem である。この問題に関しては非線形の方程式を扱うことなく「線形化原理」にもとづいて解答を与えることが可能である。「線形化原理」はもともとは非線形方程式の平衡点のまわりでの local な挙動を調べるための方法であるが、ここではDiekmann等が主張しているように伝染病発生の初期においては被感染者集団の減少による非線形効果は無視して感染者の増殖過程を考えてよいという一つの疫学的仮定を意味している。従って必ずしも非線形モデルを前提として考える必要はない。本報告ではこうした考え方のHIV/AIDSモデルへの適用によって得られる閾値定理 (Threshold Theorem) の例を示したい。



発生系解析システム開発の試み  
武田裕彦（京大・理・生物物理）

シヨウジョウバエ(*Drosophila melanogaster*)の初期発生においては、様々な遺伝子群が階層的に働いて体節構造を決定していく。母性遺伝子の勾配によって規定される胚の前後軸についての情報が、ギャップ遺伝子、ペアルール遺伝子を経て、セグメントポラリティ遺伝子によって周期的な体節構造に変換される。またこれと平行して、ホメオティック遺伝子によって各体節の個性が決定される。これらにかかわる遺伝子群の相互作用はどうなっているのか？、また現在までにわかっている因子だけで、現象は十分に説明できるのか？。このような疑問に答えるシステムの開発を試みた。

上の現象は胚の表面、近似的には回転楕円体上での反応拡散系としてとらえることができる。回転楕円体上の反応拡散方程式を高速に解くプログラムは既に開発済みだが、問題は実際の反応項をどのように推定するかである。特定の遺伝子のON-OFFに影響を及ぼす因子の集合を入力、その遺伝子のON-OFFを出力ととらえて、個々の遺伝子をニューラルネットで表し、発生にかかわる遺伝子群を個々のニューラルネットのネットワークと考える。このシステムに実験結果を入力として与えて、バックプロパゲーションで相互作用を学習させ、現実のシステムを推定する。現時点では実験結果の全情報を与えることはできていないが、モデル系のデータを与えて解析した結果を報告する。



# 成長過程のsynapse形成を考慮したNeural Network

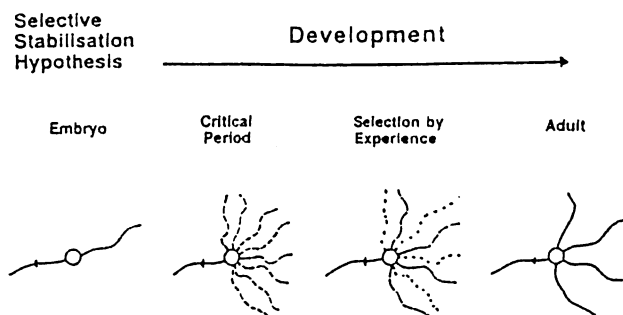
宇佐見義之 神奈川大,工,物理

## 概要

生物の個体が発生してから成長する過程でのsynapse形成をモデル化したNeural Networkのdynamicsをcomputer simulationを用いながら分析した。

## 生理学的知見

生理学的には受精後、脳の発達が進むにつれて次第にsynapse結合の形成が進み、個体誕生後ある時期に過剰な結合が形成されることが知られている（臨界期）。この時期に適切な学習が行われないと脳はある意味で部分的に安定化してしまい、この後の学習は効果がない場合がある。（鳥類の擦り込みはこの一例、またChangeuxらの選択安定化仮説はこれに対するneuronレベルの説明である[1]）



## Model

入力を $X_j$ とした時、synapse結合荷重 $W_{ij}$ の変化を次のように書く。

$$\frac{dW_{ij}}{dt} = -\frac{dV(W_{ij})}{dW_{ij}} + \eta \left( X_j - \frac{1}{2} \right) f \left( \sum_i W_{ij} X_j - \theta \right)$$

$$V(W_{ij}) = -aW_{ij}^2 + bW_{ij}^4$$

（ $f$  はstep関数、 $\eta, \theta$  は定数）

さらにpotentialの係数 $a, b$ が次の様に変化することをもって発達が進むとする。

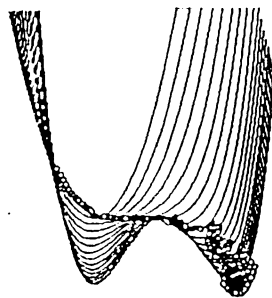
$$a = 1 - 2Z(t), \quad b = Z(t)$$

$Z(t)$  は  $t$  が増大するにつれて  $0 \rightarrow 1$  と変化

するような関数で例えば、

$$Z(t) = \frac{De^{kt}}{(1 + D^2 e^{2kt})^2}$$

のようなものを考える。これはpotentialがsingle minimum からdouble minimum へ変化するのに対応して  $t=0$  で  $w=0$  であった synapse が時間がたつに従って（発達に伴い）徐々に結合が形成されることを表している。



Potential の変化と synapseの成長を表す典型的なtrajectory

## 結論の一部

- \* System（脳）自身が臨界期を経て安定化するmodelを考えた。
- \* 臨界期  $t^* = (1/k) \ln(1/D)$  での学習が決定的に重要である。
- \*  $W_{ij}$ の学習による変化が（成長の速さに比べて）速い場合、断熱的な考え方が適応でき、ある静止したpotential上でのdynamicsだけ調べれば良くなる[2-4]。

## 文献

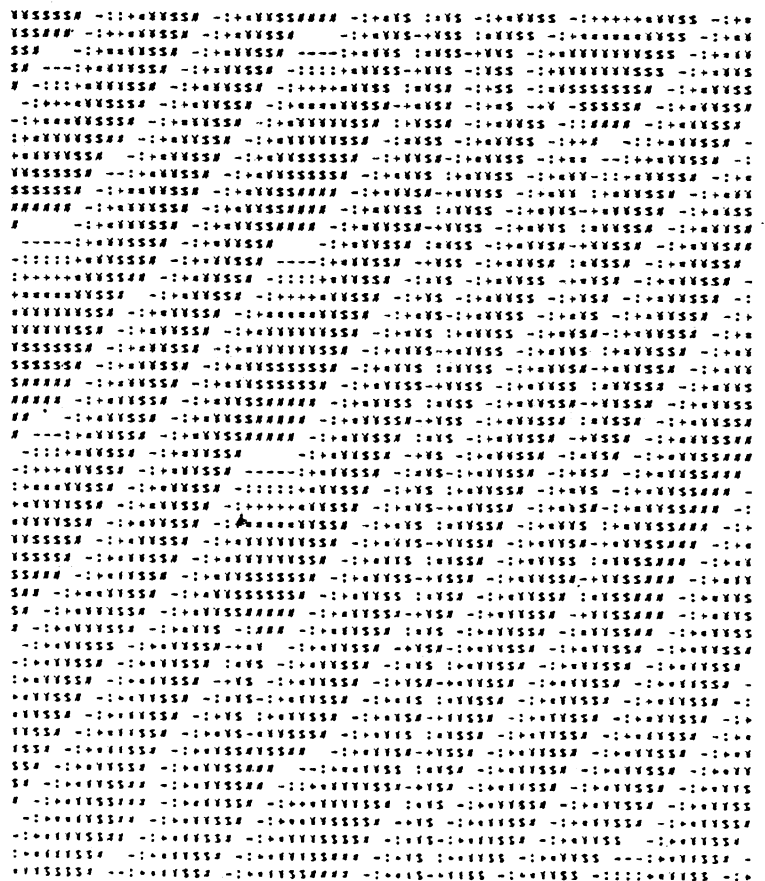
1. 塚原伸晃, 脳の可塑性と記憶, 紀伊国屋書店 (1987).
2. 宇佐見義之, 2重安定点をもつneuron群のnetwork特性, 信学技報, NC90-71(1991)19.
- 3 Y.Usami, "On a neural network with synaptic weight having double minimum potential", Proceeding of IJCNN-91-Seattle (1991).
- 4 Y.Usami, "Pattern formation of synaptic connections in a generalized Hebb-type learning model", Submitted to J.Phys. Soc.Jpn.

# 縞枯れ現象の格子モデル

佐藤一憲、巖佐庸 (九州大学理学部生物学科)

長野県八ヶ岳の縞枯れ山には山腹で水平方向に5ないしは6本の白い縞が走っているのが観察される。この縞は樹木が立ち枯れている所で、時間の経過とともに山頂に向かって進んでいく。縞と縞の間には山麓方向から山頂方向に向かって、樹高の大きいものから小さいものへと順番に並んでいる。この縞枯れ現象と呼ばれる現象は、山麓からの風の影響によって、樹高の大きいものが縞状に立ち枯れを生じて、新たに樹高の大きいものが風に晒されていく森林更新現象である。

ここでは、この縞枯れ現象の主要因といわれている恒常風の効果を樹木の枯死・成長の過程に取り入れたモデルを紹介する。1) 風上側の樹木が風を遮る時には樹木は成長する。2) 成長しない時には死亡する(立ち枯れ)。まず、1次元格子空間上に配置された樹木についての解析を行なった。ランダムな初期条件から出発してもほとんどの場合に鋸歯状のパターンに収束し、その後、全体のパターンを保ったまま風下へと進んで行く。しかし、縞と縞との間隔のばらつきが大きく、現実をあまり反映していない。ルールをいろいろと変えて行なってみたが、間隔を揃えるルールは見つからなかった。一方、2次元格子空間上で行なうと、縞と縞との間隔が1次元と比較して揃いやすいことがわかった。ただし、風上側の数本の樹木が協調して風避けの効果を持つところが2次元格子空間の特徴である。最後に実際の調査で出されているデータを用いて、様々なパラメータの推定を行なった。



南東風によって生じる  
縞枯れのパターン

# 生物分布の集中化とそれに基づく間接効果

泰中 啓一 (茨城大 理)

確率的なシミュレーションによって、3種の競合する生物種からなる生態系の時間的空間的發展を調べた。この系はロトカ ボルテラ モデルの格子版を表わす。環境パラメーターの変化によって、この系は生態系特有の複雑な現象を示す。たとえば間接効果、分布の集中化、相転移（パターンの急激な変化）など。間接効果には2種類あって、1つは平均場近似（ロトカ ボルテラ モデル）で説明できるが、他の1つはそれでは説明できない。後者は生物種の空間分布の変動に基く間接効果であり、環境変動のスピードにも強く影響される。

# 動物のフラクタル行動

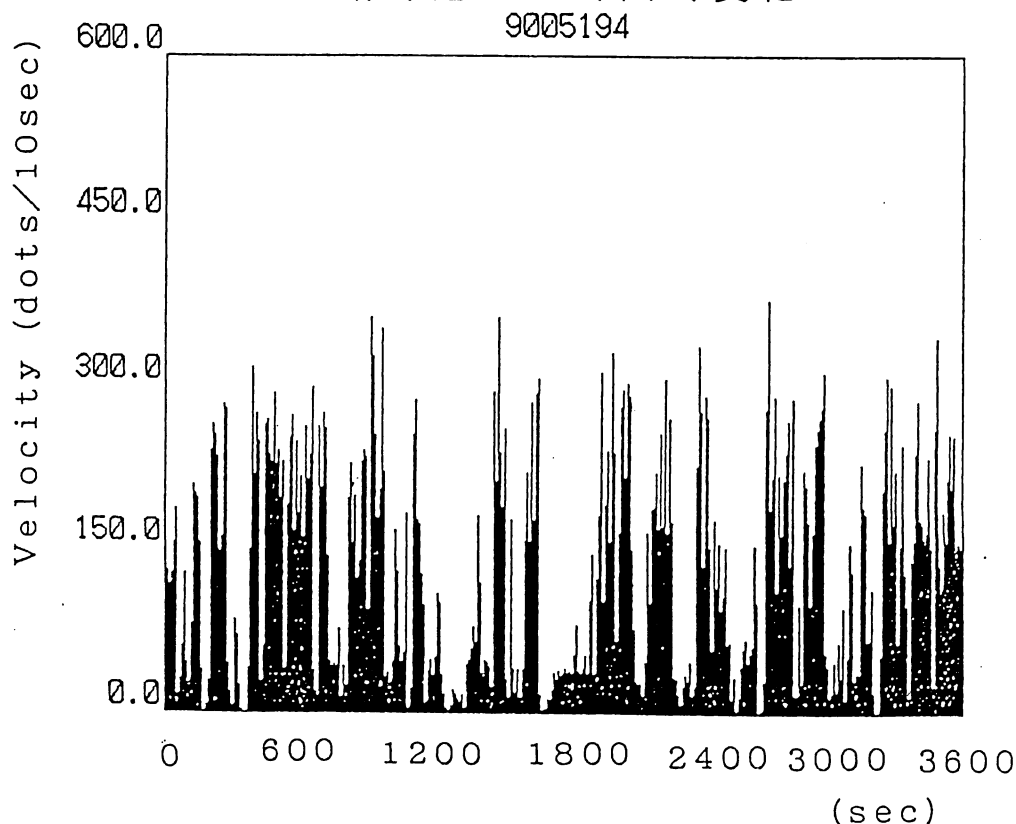
嶋田一郎 (東北大学・教養)

動物行動の時間的解析では、専ら負の指数関数を用いたランダムモデルが用いられてきた (Fagan & Young, 1978)。しかし、大部分の行動は相互に依存し合う数多くの素過程からなる複雑なシステムである。そのようなシステムは、一般にある特徴的な時間 (平均時間など) では記述できず、時間的フラクタル (Temporal Fractal) と呼ばれる (West, 1990)。時間的フラクタルは観測値が逆べき分布となり、その指数がフラクタル次元を与えるが、その時系列データの自己相関も又べき型になる。本講演ではショウジョウバエの摂食行動を取り上げ、新たに開発した摂食行動自動解析システムを用いて得られた行動軌跡の時系列データの解析結果を報告し、動物行動における時間的フラクタルの存在を初めて明らかにする。ビデオ画像自動追跡装置 (IV540) を用いて、1匹のハエの重心座標のデータを0.1秒毎に取り込み、移動速度の時系列データ、餌への滞在時間の時系列データとともに行動軌跡データなどの定量的解析を行った。

図は、一匹のハエの10秒毎の移動速度の時系列パターンを示したものである。間欠的なパターンが自己相似的な塊を形成していることは、10倍、100倍と時間スケールを拡大しても似たパターンを示すことから示唆されるが、自己相関関数がべき型になることから、時間的フラクタル性が定量的に示された。又、餌の10mMシヨ糖液の入ったウェルへの滞在時間の時系列データを得、滞在行動の自己相関を計算すると、これもべき型になってフラクタルであることを示した。更に摂食行動の軌跡の距離の自己相関を計算し2次元空間におけるフラクタル性を見いだした。このような動物行動のフラクタルモデルの構築を試みそのフラクタル性の意味を探る。

図

動く速さの時間的变化



# Nonlinear Waves in Flagella

Masatoshi Murase

*Division of Information Dynamics, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, 35-2 Sakaecho, Itabashi-ku, Tokyo 173, Japan*

A flagellum suspended in a viscous fluid is considered to be a class of nonlinear distributed systems. Within a local system shear motion occurs back and forth, which results from an alternate turning "on" and "off" of opposed-active elements. Each active element is characterized by *excitability* in that shear motion is triggered only by a *superthreshold* shear displacement. Once shear motion is initiated at one end of the system, it is successively triggered to the other end. These triggering events cause the propagation of bending waves. The dynamics of such propagating waves are described by the forth-order partial differential equation. Interestingly, this equation can be considered as a possible extension of the *Kuramoto-Sivashinsky* equation which describes *self-turbulization* phenomena in different physical contexts. Numerical simulations for the present flagellar model reveal (i) the reversal of the direction of propagating waves, (ii) the *soliton-like* non-annihilating waves, and (iii) the spatio-temporal irregular behavior. These simulation results are qualitatively in good agreement with experimental observations.

## References

- Murase, M. *Cellular Motility*. Manchester University Press. (in press).
- Murase, M. Complex dynamical behaviors in cilia and flagella: motility and mechanosensitivity. In *Physics of Living State*. (Musha, T., Sawada, Y., Kawakubo, T., Kushida, T. and Shimizu, H. eds). (in press).
- Murase, M. Hyperoscillations in dynein cross-bridge systems. *J. Theor. Biol.* (in press).
- Murase, M. Excitable dynein model with multiple active sites for large-amplitude oscillations and bend propagation in flagella. *J. Theor. Biol.* **149**, 181-202 (1991).
- Murase, M. Simulation of ciliary beating by an excitable dynein model: oscillations, quiescence and mechano-sensitivity. *J. Theor. Biol.* **146**, 209-231 (1990).
- Murase, M., Hines, M. and Blum, J. J. Properties of an excitable dynein model for bend propagation in cilia and flagella. *J. Theor. Biol.* **139**, 413-430 (1989).
- Murase, M. and Shimizu, H. A model of flagellar movement based on cooperative dynamics of dynein-tubulin cross-bridges. *J. Theor. Biol.* **119**, 409-433 (1986).
- Murase, M., Tanaka, H., Nishiyama, K. and Shimizu, H. A three-state model for oscillation in muscle: sinusoidal analysis. *J. Musc. Res. Cell Motility.* **7**, 2-10 (1986).

同種の他個体の巣に卵を預ける種内托卵は、ある個体が寄生者にも宿主にも同時になり得るという意味で、種間托卵とは異なっている。種内托卵は水鳥などで昔から知られてきたが、近年は、ツバメなどの燕雀類でも頻繁に報告されている。燕雀類は、生まれた雛がすぐに自力で餌を採ることができず、親鳥が雛の世話をする必要のある晩熟性の種である。これらの鳥は、托卵を受けると雛の養育という大きなコストを支払わされることになるから、托卵された卵を自分の卵と区別し認識・排除する能力を、より進化させやすいと思われる。にもかかわらず、晩熟性の鳥でも托卵が進化できないほどの卵認識能力は必ずしも認められていない。一方、種内托卵が高頻度で観察されるホシムクドリ・の集団では、産卵数が reproductive success を最大にする卵数よりも小さくなるという報告もある。

これらのように、種内托卵は托卵の認識能力や産卵数と密接に関連しながら進化する。本解析では量的遺伝モデル (Iwasa et al., 1991) を用い、種内托卵の進化を明らかにするために、次の3つの形質に注目する：(1) 托卵率  $p$  … 産んだ卵のうち托卵にまわす比率、(2) 認識率  $r$  … 托卵された卵のうち認識・排除できる卵の比率、(3) 産卵数  $E$ 。このうち、認識率  $r$  と托卵数  $pE$  はコストを伴っており、その値を大きくすると養育努力が減少して雛の生存率が低下すると仮定する。また托卵のタイプとして、あちこちの巣に少しずつ卵を預ける "Many nest parasite" と、一つの巣だけに集中して預ける "One nest parasite" の2種類を考えた。

このモデルの解析により以下の結果が得られた。

1. 種内托卵は巣内での雛同士の競争が托卵のコストを上回るとき進化する
2.  $r$ ,  $p$ ,  $E$  の平衡点での値は、雛の競争と托卵のコストの比に強く影響される
3. 同じ条件なら、 $r$ ,  $p$ ,  $E$  の値はともに "Many nest parasite" の方が "One nest parasite" よりも大きい
4. 種内托卵の進化に伴って産卵数  $E$  は増大するが、巣に残す卵の数は変化せず、増加分は托卵に回される

これらの結果に基づいて、実際の種内托卵の観察事例を考察する。

# カッコウの育児寄生－宿種の卵識別能力の進化

高須 夫悟、川崎 廣吉\*、中村 浩志\*\*、J. Cohen \*\*\*、重定 南奈子  
(京都大・理、\*同志社大・理工研、\*\*信州大・教育、\*\*\*Rockefeller Univ.)

カッコウの育児寄生という特異な現象に関して、寄生者の適応、宿種の対抗適応の進化などが大きな問題となっている。わが国で托卵が記録されている宿主は30種を越えるが、寄生者と宿種の関係は安定したものではなく動的に変化していることが報告されている。例えば、長野県の千曲川のカッコウがオナガに托卵を始めた10年程前には、オナガはまったく対抗手段を備えていなかったが、最近ではカッコウの卵を取り除く個体が徐々に増加している(中村、1990)。また、現在托卵を拒否する種類でもかつては育児寄生を受け入れたものが多い。

宿種の対抗手段獲得の機構は明らかになっていないが、托卵の拒否行動を起こす遺伝子などが考えられている。ここでは宿主の被寄生率や托卵拒否行動の動的な変化をモデル化し、育児寄生のダイナミクス、寄生者と宿種の進化について議論する。



## 放流個体と天然個体の遺伝的相違が放流効果におよぼす影響

原田泰志（東京水産大学資源管理学科）

人間の手で生産した魚介類の稚仔（種苗）を天然の資源に添加して漁業生産を高めようという、種苗放流事業がさまざまな魚種において行なわれている。それによる資源量の増加には、放流した種苗が成長して加入することによる直接効果と、漁獲をまぬがれた種苗が再生産（繁殖）に加わることにより資源量が増加する再生産効果が考えられている。

種苗放流の際に、別の場所で生産された、放流場所にもとはいなかった遺伝的系統や近縁種の種苗を放流することがある。また、放流場所で採取された親に由来する種苗を放流する場合でも、親として選ばれる個体は何らかの意味での人為的選択を受けている場合もあるだろう。このような場合、種苗由来の個体の再生産は、生まれてくる稚仔の数を増やす反面、その場所に適応した天然の遺伝子型の頻度を減らすという両刃の刀として働く。できるだけ後者の効果を小さくしながら、前者の効果を大きくするのがよいのはいうまでもない。本講演では、簡単な数理モデルによりこれらの効果について解析した結果を報告する。

たとえば、放流系統と天然系統の交雑がない場合のモデルとして次のようなものが考えられる。

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= s_x \phi[(1-f)\{r_x x_t + r_y (y_t + kz)\}](1-f)r_x x_t \\ y_{t+1} &= s_y \phi[(1-f)\{r_x x_t + r_y (y_t + kz)\}](1-f)r_y (y_t + kz)\end{aligned}$$

ここで $x$ 、 $y$ はそれぞれ天然系統および放流系統の再生産に由来する加入量（個体数）、 $z$ は放流量、 $k$ はその加入率、 $s$ は加入前生残率、 $r$ は産卵量、 $\phi[\cdot]$ は密度依存的生存率をあらわす関数、 $f$ は漁獲死亡割合である。放流場所での適応度において、放流系統は天然系統に劣る、すなわち $r_x s_x > r_y s_y$ と仮定すると、放流系統は $0 < z < \frac{(r_x s_x - r_y s_y)x_0}{k s_x}$ のときには天然系統と共存する（ただし $x_0$ は未放流時の天然系統の平衡資源量である）。このときの平衡資源量の増加量（総放流効果）は

$$E = x^* + y^* + kz - x_0 = \frac{(r_x - r_y)}{r_x s_x - r_y s_y} s_x k z$$

となり、 $s_x > s_y$ のときには $r_y$ の減少関数になる。また、 $r_y > r_x$ のときには $E < 0$ となる。すなわち、加入前生存率において放流系統が天然系統に劣るときには放流系統の産卵数が少ないほうが総放流効果が高くなり、放流系統の再生産は有害である。またその場合、放流系統の産卵量が天然系統より多いと、放流すればするほど資源量が減少してしまうという困ったことが起こる。これらのことは、種苗放流努力にもかかわらず本邦のあわびの漁獲が増加しないことに関連しているかもしれない。

天然系統と放流系統の交雑も考慮した半数体の集団遺伝学的モデルで解析してもこの結論はほぼ変わらない。さらに放流系統の遺伝子は種苗の性比が雌雄どちらかに片寄っていたほうが個体群に浸透しにくいこともわかる。性比が雌にかたよっていたほうが再生産される稚仔が多くなることを考え合わせると、放流種苗の性比をできるだけ雌に片寄せたほうがよいことになる。ただし、この性比の効果はあまり大きくなく、再生産をしない種苗が放流できればそのほうがより大きな効果をあげられるようである。

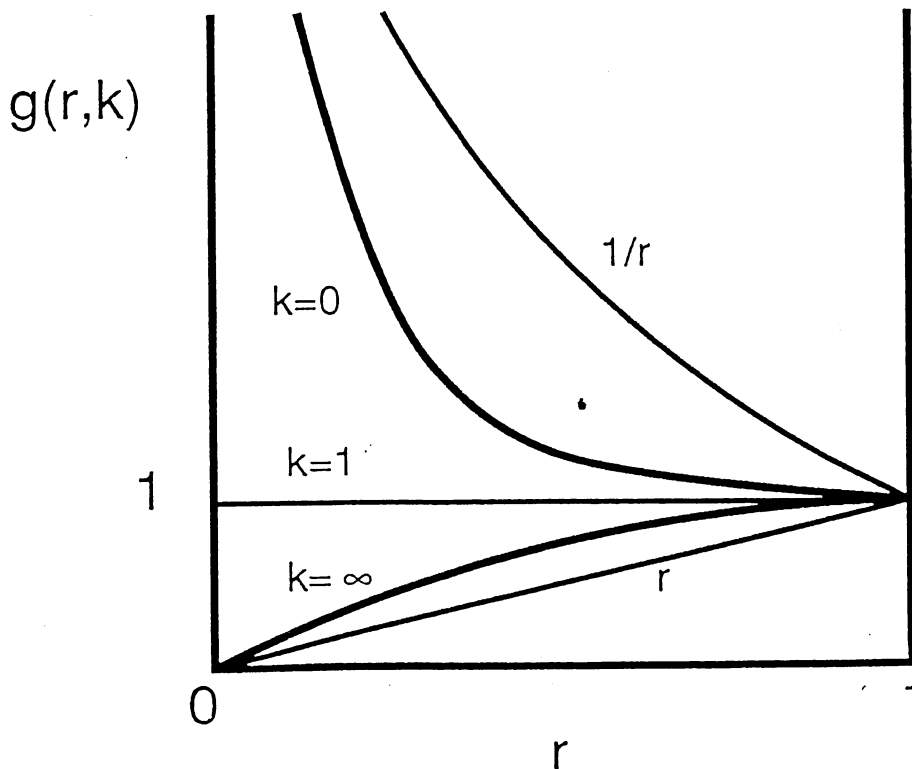
# 血縁者間のコンフリクトとその解消

山村則男 (佐賀医大・数学)

社会行動の進化に関して、血縁者間にコンフリクトが存在する多くの事例(養育についての親子の対立など)がある。しかし、コンフリクトがどのような結果に到るのかの一般理論ない。Hamilton は、利他行動の進化条件として、利他行動の提供者の立場から、 $B/C > 1/r$  ( $B$ : 受益者の利益,  $C$ : 提供者の損失,  $r$ : 血縁度係数)を導いた。しかし、受益者の立場から、利他行動を促す行動(操作)の進化条件は、 $B/C > r$  (逆 Hamilton 則)となる。そのため、 $r < B/C < 1/r$  のとき、受益者は利他行動をさせたい、提供者はしたくないというコンフリクトが生じる。このとき、コンフリクトのコストを包括適応度の評価に入れることによって、その妥協解を導くことができる。提供者が受益者とのコンフリクトに勝つために、 $k$  倍のコストが必要だとすると、利他行動が進化するための条件は、

$$\frac{B}{C} > \frac{2kr+r^2+1}{k(r^2+1)+2r} \equiv g(r,k)$$

となる。提供者が絶対的に強いときでも ( $k=0$ )、この条件はHamilton 則よりかなり緩いものとなる。逆に、受益者が絶対的に強いときでも ( $k=\infty$ )、逆 Hamilton 則よりかなり厳しいものとなる。



# バクテリアの走化性によるパターン形成のモデル

川崎 廣吉 (同志社大・理工研)

重定南奈子 (京大・理)

大腸菌やサルモネラ菌など多くのバクテリアが種々の物質に対して走化性を示すことはよく知られている。その中で、最近、自分自身の出す物質に対して走化性を示す大腸菌が複雑なコロニー・パターンを形成することが報告された (Budrene and Burg, 1991)。すなわち、アスパラギン酸塩に走化性を示す大腸菌を寒天培地で培養すると条件によって複雑なコロニーのパターン (スポット状やストライプ状のコロニーが規則正しく同心円的に配列している) を形成する。大腸菌は自ら代謝物質として出すアスパラギン酸塩の類似物質に対して走化性を示していると考えられている。このようなパターンの形成のメカニズムを数理モデルを用いて解析したので報告する。

解析は、実験で示されたパターンが数理モデルで再現できるかどうかを中心に行ない、さらに、寒天培地に大腸菌を接種してから最初のパターンが現われるまでの時間遅れやスポットとスポットの間隔の問題についても取り上げる。

モデルには次のような仮定を用いた。

- (1) 大腸菌はランダムな運動をしながら広がり、増殖する。
- (2) 大腸菌は自ら排泄している物質に走化性を示す。
- (3) その物質は自然に分解する。
- (4) 走化性の強さは濃度の対数の勾配に比例する。

[モデル]

上の仮定のもとで、場所  $x$ 、時間  $t$  における、大腸菌の個体密度を  $u(x, t)$ 、走化性を示す物質の濃度を  $c(x, t)$  とすると、それらの時間変化は次のようになる。

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= D_u \Delta u - \gamma \nabla \cdot (u \nabla \log c) + (\varepsilon - \mu u) u \\ \frac{\partial c}{\partial t} &= D_c \Delta c + \alpha u - \beta c\end{aligned}$$

ここで

$D_u$  : 大腸菌の拡散係数

$\gamma$  : 走化性の係数

$\varepsilon$  : 大腸菌の内的増加率

$\mu$  : 大腸菌の種内競争係数

$D_c$  : 走化性物質の拡散係数

$\alpha$  : 走化性物質の生産速度

$\beta$  : 走化性物質の分解速度

Budrene and Burg: *Nature* 349, 630–633 (1991)

# Convection 依存性の不安定化理論 (その微分方程式の一般形)

Zene HORII (岡山大・非線形)

秩序変数の濃度勾配に対する Convection による不安定化の現象と、その微分方程式における不安定化条件について述べる。数学的には Cross-diffusion 系における一般化反応拡散理論に相当する。しかし、物理的にはパターン形成の運動原理が確率過程 (つまり Diffusion 項) になっておらず、Transport として Convection が重要な役割を果たしていることは特筆すべきである。生命系では、物理系 (化学反応・流体・液晶) と異なり、Receptor site - system として構成されているため、Convection を運動則としてパターンが形成されるという概念である。また、パターンの量的調節機構として、振幅方程式による Slow dynamics と、散逸系に局在的に現われた Variational 系について述べる。

# タンガニイカ湖の鱗食いの 右利き・左利きについてのモデル

高橋智（大阪市大理学部）・堀道雄（和歌山医大進学課程）

アフリカのタンガニイカ湖の鱗食いは7種が知られているが、これらすべてが口の開き方に関して個体ごとの左右性をもっている。右利き個体は獲物の左側面を、左利き個体は右側面を襲うことが確かめられている。

鱗食いの中で、*Perissodus microlepis* については、10年間の標本から、左利き個体の頻度が0.5を中心として約12%の振幅で5年周期の振動をしていることが推測された。このような振動をする頻度依存選択は、野外では他に例がない。

振動の原因としては、獲物の警戒のため少数派がより多くの餌を得ることができ、その年の繁殖成功が大きいこと、および、その子孫が成熟し、繁殖に加わるまでに、約2年の時間遅れがあることが考えられる。

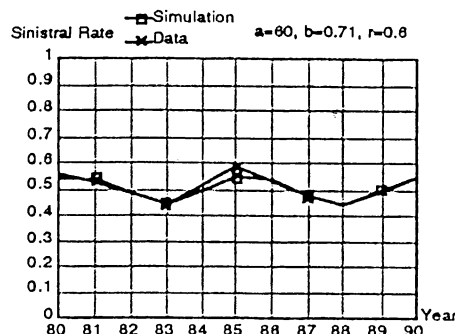
この現象に対し、数理モデルを構成し、上の考えを確かめた。モデルから以下のような結論が得られる。

(1) 獲物が多数派を警戒する傾向が十分はっきりしているならば、左利き個体の頻度は振動する。

(2) 振動の周期は、4年以上6年以下となる。

(3) 振動が5年周期で、左利き個体、右利き個体それぞれの繁殖成功の比が、（標本データから推測されるように）最大で7:3となるならば、振幅は0.13以下となる。

特に、成魚の年間生存率を0.6程度とすると、モデルのふるまいは観測データを再現する。



# 密度依存的推移行列モデルを用いた 植物の生活史進化の数理的解析

高田 壮則（北海道東海大・国際文化）・  
中島久男（立命館大・理工）

Leslie(1945)によって提案された推移行列モデルは、個体群内の年齢構造・サイズ構造の時間的変化を記述する方程式として、この30年来動物・植物の個体群生態学の分野で頻繁に用いられるようになってきた。一方、同じ推移行列モデルをその要素が生活史パラメーターを記述している表と考え、その生活史パラメーターの進化が議論されるようになってきている。Charlesworth(1980), Caswell(1982b)などがそれにあたるが、彼らの研究は年齢構造をもつ個体群の密度非依存的な推移行列に限られているため、植物の生活史進化を議論するためには二つの点で不十分であると思われる。一つは、植物の生活史パラメーターはサイズ依存的であることが多く、サイズ構造を持つ推移行列モデルを構成する方が予測性が増加することである(Werner & Caswell, 1977)。もう一つは、植物は移動能力を持たないために個体群動態の密度依存性が高いということが挙げられる。そこで、本講演ではサイズ構造の時間変化を記述する密度依存的推移行列モデルを解析した結果を報告する。

(1) 野生型個体で占められる平衡状態にある個体群に対して突然変異個体が侵入する際の侵入可能条件が求められた。その条件は平衡状態におけるサイズ分布構造、平衡状態における繁殖価、平衡状態における野生型と突然変異型の生活史パラメーターの差によって決定される。推移行列の要素が密度の減少関数である場合、個体群平衡密度が野生型よりも大きくなる生活史パラメーターをもつ突然変異型が侵入可能である。

(2) 上記の侵入可能条件を用いて、多年生草本の栄養繁殖率と多回繁殖性の関係について解析した。多年生草本の場合、自身の遺伝子を翌年に残す戦略には、種子繁殖・栄養繁殖・その個体が翌年も生き残る戦略の3種が考えられる。その3種の戦略は、その後の個体の生存率が異なるために、それぞれの戦略を持つ個体の適応度に影響を与える。解析の結果、栄養繁殖率が高い種では多回繁殖型が有利であること、1個の種子生産にかかるコストが小さいと一回繁殖型が有利であることが示された。

# 集合パターンのダイナミクスについて

三村 昌泰 (広大・理)

辻川 亨 (広電大)

生物の集合形態の理論的研究は数理生態学のひとつの問題として取り上げられていたが、そのダイナミクスの考察については対象が時間、空間変化を取り扱わなければならないことが原因となってそれ程古くはない。集合機構のなかで、走化性物質を分泌することからそれを積極的に行なう生物は数多く知られており、それを記述するモデルが1970年にE. F. KellerとL. A. Segelによって提出された。この走化性集合モデルはある種の偏微分方程式で記述されていることから、理論家、特に、解析屋に注目されてきており、最終的にどのような集合パターンをとるかということについていくつかの興味深い結果が出されている。

本報告では、彼等のモデルを用いることにより、生物がどのようなパターンをとりながら集合を形成していくかという視点から、そのダイナミクスを走化性との関連において特異摂動論の立場から論じてみたい。

# Inertial Manifold Theory on Reaction Diffusion Equations with an Application to Population Dynamics

方 青、栄 伸一郎、三村 昌泰 (広島大 理)

自然科学の分野で現われる諸現象を記述する数学モデルのなかで非線形偏微分方程式で表わされるものは少なくない。この時、特に問題となるのは解の定性的性質を調べることであるが、そこに含まれる非線形性によってはそのことが甚だ困難な場合が多い。

しかしながら、最近、ある種の方程式に対してはその解の漸近挙動がある有限次元力学系（常微分方程式）を調べることで可能であるという理論（物理では縮退理論と言われている）が提出され、多くの成功例が報告されている。今回の講演では、非線形偏微分方程式のなかで、特に反応拡散方程式系に対してこの理論がいかに展開されるかを示し、Population dynamics への応用として環境の非一様性が生態系への様な影響を与えるかを論じてみたい。



進化生態学関連の文献

巖佐庸 (九大・理・生物)

生物の行動や成長・繁殖のスケジュールなどが、進化の結果かたちづくられたものだと  
の視点から研究するのが進化生態学である。これは生物の挙動を体の仕組み、つまり生理  
的機構から解明しようとする生理学や分子生物学とは異なって、進化の過程にかたちづく  
られてきた生物システムのデザインを解明するという研究方法である。長い進化においては、  
さまざまなタイプの生物が出現しては多くが滅び、一部のものはもとのタイプと競合して  
置き換わるという自然淘汰が働いてきた。その結果、現在見られる生物は、最も効率の良  
い挙動を採るもの、または他の侵入を許さないという進化安定なもののはずである。この  
ことから、生物の挙動を調べるのに最適制御理論やゲーム理論が大変有効にもちいられる。  
最適性の基準が明確でないときには、さまざまな挙動を採らせる遺伝子が集団に表れては  
広がる力学過程を追跡することになる。

この分野は最近15年ほどに急速に進んだ。ことに行動生態学や性表現については、数  
理モデルが実験による緻密な検証を受け、その結果をフィードバックして理論が発展して  
きた。また数理モデルの研究が実験的研究の指針となってきた。生物学のなかでは、理論  
と実験・観察との望ましい関係がつくられている点で、集団遺伝学とならぶ分野といえよ  
う。

進化生物学：全体を概括するには、次のような本がある。

巖佐庸 (1981). 『生物の適応戦略：ソシオイロジ-的視点からの数理生物学』サイエンス社

巖佐庸 (1990). 『数理生物学入門：生物社会のダイナミクスを探る』HBJ出版局

河田雅圭 (1989). 『進化論の見方』紀伊國屋書店

河田雅圭 (1990). 『はじめての進化論』講談社現代新書

チャーフス, J. [松永・野田・岸共訳] (1984) 『生物の進化、最近の話題』培風館

ドーキンス, R. [日高・羽田・岸・垂水、訳] (1991) 『利己的な遺伝子』紀伊國屋書店

ドーキンス, R. [日高・遠藤・遠藤共訳] (1987). 『延長された表現型：自然淘汰の単位としての  
遺伝子』紀伊國屋書店

メイナード・スミス, J. [寺本英・梯正之共訳] (1985). 『進化とゲーム理論：闘争の論理』産業図書

行動生態学：動物行動に関する進化生態学は特に進んでいる。

伊藤嘉昭 (1987). 『動物の社会：社会生物学・行動生態学入門』東海大学出版会  
(分かりやすく魅力ある記述、入門書として優れている。)

クルブス, J.R. とデビズ, N.B. 著 [山岸哲・巖佐庸共訳] (1990). 『行動生態学  
入門 (第2版)』蒼樹書房 (この分野の標準的教科書。内容の充実度、理論と実験  
との関係、分かりやすい記述)。

粕谷英一 (1990). 『行動生態学入門』東海大学出版会 (日本を代表する若手研究者によっ  
て書かれた理論書だが、少々難しい)

伊藤嘉昭・藤崎・斉藤隆 1990 『動物の生存戦略』NHKブックス

(生物の個体数の変動と安定、分布の拡散などを扱う個体群生態学において、進化  
生態学がどのようにアプローチするかを描いた好著。日本人研究者の仕事がよく紹介さ  
れている)

Krebs, J.R. and N.B. Davies, eds. 1984. "Behavioural ecology: an evolutionary approach." (2nd  
ed.) Blackwell: Oxford.

(総説論文を集めたもので、少し古いがいずれもすぐれている。)

Trivers, R. 1985. Social evolution. (もうすぐ訳本が出るらしい。)

伊藤嘉昭 (1978). 『比較生態学(第2版)』岩波書店

伊藤嘉昭 (1982). 『社会生態学入門：動物の繁殖戦略と社会行動』東京大学出版会

ウィルソン, E.O. [伊藤嘉昭監訳] (1983-5). 『社会生物学 (全5巻)』思索社  
(社会生物学という分野の名前をつけた本。とても厚い)

ウィルソン, E.O. [岸 由二訳] (1980). 『人間の本性について』思索社

(人間について進化生態学をどのように当てはめるべきかは研究者によって異なる。  
これは好著。)

本のシリーズ『動物：その適応戦略と社会』全17巻 (寺本英・日高敏隆監修) 東海大学出  
版会は、いずれも日本人研究者によって書かれた優れたモノグラフである。いくつ  
かを挙げると、長谷川政美・種村正美 『なわばりの生態学』、山村則男 『繁殖戦略

のモデル」、山岸 哲 (編) 「鳥類の繁殖戦略 (上下)」、東和敬・生方秀紀・椿宜高・伊藤嘉昭 「狩りバチの社会進化：協同的多雌性仮説の提唱」、岩橋統・山根爽一 「チビアシナガバチの社会」、中園明信・桑村哲生 (編) 「魚類の性転換」など。

性の進化： 性にまつわるさまざまな現象については、進化生態学の見方にもとづくアプローチが最高に有効性を発揮した分野である。

グリーンワット・アダムズ 1991 「性の不思議がわかる本」 (巖佐・佐々木・田町訳、HBJ出版局) (この広い分野を概観するには優れた本)

ヴァンクラー、W.U.とザイフト、U. [日高・福井・中嶋訳] (1986) 「男と女：性の進化史」産業図書  
数理科学 1986年10月号は「生物の性と進化」の特集号である。有性生殖の意義・性の数・性転換・性比・配偶行動などに関する分かりやすい解説。

Charnov, E.L. 1982. "The theory of sex allocation." Princeton Univ. Press: Princeton. (古典!)  
有性生殖の進化は、コストと利益による経済理論がうまく適用できない未解決の難題である。次の本に問題点が整理されている。

Maynard Smith, J. 1978. "The evolution of sex." Cambridge Univ. Press.

Michod, R.E. and B.R. Levin eds. 1988. "The evolution of sex." Sinauer Asso.

Stearns, S.C. ed. 1987 "The evolution of sex and its consequences" Birkhauser: Basel.

利他主義の進化： 利他行動の進化を説明するというのが、社会生物学における数理的研究の一つの柱であった。

青木健一 1983. 「利他行動の生物学」 海鳴社

アケセルロッド, R. (松田裕之訳) 「つきあい方の科学」 HBJ出版会 (名訳!)

最適捕食理論： 行動については最適化モデルがもっとも精密に検証されている。

Stephens, D.W. and J.R. Krebs, 1986. "Foraging theory." Princeton Univ. Press: Princeton. (決定版!)

Mangel, M. and C.W. Clark, 1988. "Dynamic modelling in behavioral ecology." Princeton Univ. Press. (動的最適化を動物行動に適用した本)

性淘汰： とくに配偶者選択の進化については、矛盾するいくつかの見解がいまだに対立している。

Bateson, P. ed. 1983. "Mate choice." Cambridge Univ. Press: Cambridge.

Bradbury, J.W. and M.B. Andersson, (eds.) 1987. "Sexual selection: testing the alternatives." John Wiley and Sons: New York.

文化進化： 文化的に伝わる行動因子の動態は、遺伝子の場合と同様な数理モデルによって扱われる。この文化進化、およびそれと遺伝子による進化との関係についても盛んに研究がなされている。

Boyd, R. and D. Richarson, 1985. "Culture and the evolutionary processes." Univ. Chicago Press.: Chicago.

Cavalli-Sforza, L.L. and M.W. Feldman, 1981. "Cultural transmission and evolution: a quantitative approach." Princeton Univ. Press: Princeton.

Lumsden, C.J. and E.O. Wilson, 1981. "Genes, mind, and culture." Harvard Univ. Press: Cambridge. Mass.

進化遺伝学に関連した文献については、別に項がもうけられると思うが、とくに生態的形質に関する理論としては、次のようなものがある。

Charlesworth, B. 1980. "Evolution in ae-structured populations." Cambridge Univ. Press: Cambridge.

Endler, J.A. 1986. "Natural selection in the wild." Princeton Univ. Press.: Princeton.

Roughgarden, J. 1979. "Theory of population genetics and evolutionary ecology: an introduction." MacMillan: New York

Emlen, J.M. 1984. "Population biology: the coevolution of population dynamics and behavior." MacMillan :New York.

共進化： 群集を構成する多数の生物が、それぞれに進化するときに現れるさまざまな現象については、次の論文集がすぐれている。

Futuyma, D.J. and M. Slatkin, eds. 1983. "Coevolution". Sinauer Assoc.

Nitecki, M. (ed.) 1983. "Coevolution." Univ. Chicago Press: Chicago.

最適化の数学：

Basar, T. and G.J. Olsder, 1982. "Dynamic noncooperative game theory." Academic Press: New York.

Intriligator, M.D. 1971. "Mathematical optimization and economic theory." Prentice-Hall: Englewood Cliffs, N.J.

Leitmann, G. 1981. "The calculus of variations and optimal control: an introduction." Plenum Press: New York.

Mangel, M. 1985. "Decision and control in uncertain resource systems." Academic Press.: New York.

その他：

Clark, C.W. 1985. Bioeconomic modelling and fishery management. John Wiley and Sons.: New York (田中昌一ほか訳「水産資源管理論」恒星社厚生閣) (経済学と生態学との融合)

MacArthur, R.H. 1972. "Geographical ecology: patterns in the distribution of species." New York: Harper & Row. (巖俊一・大崎直太ほか訳「地理生態学」蒼樹書房) (古典！)

## 会員本の紹介

【数理生物学入門：生物社会のダイナミクスを探る】巖佐庸著 HBJ出版局 ¥3,900：数理生物学を研究する上に必要なさまざまな数学の技術を、生物系の学生が学ぶための教科書。力学系モデル、最適化とゲーム、確率過程など。各章末に演習問題あり。題材としては生態学から採ったので、理論生態学を概観するためにも使える。

【行動生態学（原著第2版）】クレブス J.R.、N.B.デイビス（山岸哲・巖佐庸共訳）蒼樹書房 ¥6,500：行動生態学・社会生物学の標準的教科書。好評だった初版【行動生態学を学ぶ人に】（城田安幸ほか訳）から、50%以上もページを増し充実した。この分野は数理生物学の中でも、数理モデルが実験・フィールドの研究と最も密着している分野といえる。説明は分かりやすく、

【性の不思議がわかる本】グリーンウッド・アダムズ（巖佐庸監訳、佐々木頭・田町信雄訳）HBJ出版局 ¥1,500 監訳者によるまえがきでは、進化生態学の考え方について、分かりやすく説明されている。

【ニューロコンピューティングの基礎理論】倉田耕治他 海文堂：この本は、神経回路網理論の研究者が主として企業の技術者、研究者を対象に行なった連続講演会がもとになってできたものです。5人の著者が各々の研究の紹介をしており、内容に多少の重複はありますが、そのかわり各章毎に独立して読めます。神経回路研究の最前線を知るのによいと思います。

1943年のMcCullochとPittsのモデルに始まる神経回路網の理論的な研究は、数年前から第二期のブームを迎えているといわれる(第一期のブームは、私の生まれる前のことなので全く知らない)。新しいモデルが提案され、新しい解析手法が取り入れられ、論文の数も増えて新しい雑誌が次々と発刊された。一時にあまりに多くの研究者が参入してきたため、ブーム以前の研究の歴史が正しく評価されず、色々なことが「再発見」された時期もあったが、今は新しい発見が着実に蓄積される時期に入ったようである。

第二期ブーム以前に書かれた本として重要なものは、(1)甘利俊一著「神経回路網の数理」(産業図書)と(2)福島邦彦著「神経回路網と自己組織化」(共立出版)である。(1)は、神経回路モデルに対する一貫した視点があり、モデル作りのセンスなど勉強になる点が多い。ブーム以前に英語に訳されていたら、神経回路網研究の歴史は変わっていたとさえいわれる本である。日本人は感謝して読まなければならない。数理的な素養のある人ならば楽に読め、大学院新生には最適である。大学院で神経回路の研究に本格的に取り組もうという人には、ぜひ読んでもらいたい。第2章以後の各章はある程度独立して読める。(2)は生理学的な知見も含めて、広い範囲の事柄が分かりやすくまとめられている好書。学部学生にも十分読める。生物と工学モデルの関係を重視しており、生理学の素養を持つ人には、受け入れやすい本ではないだろうか。私が最初に読んだのもこれである。(1)では取り扱われていないトポグラフィック・マッピング形成モデルにもふれている。このモデルの研究は、現在大きな発展を遂げつつある。これらの2冊の本は、ともに70年代の終わり頃に書かれたものなので、当然それ以後の発展は載っていないが、しかし、だからといってそこに述べられている内容は、決して古くなっているわけではないのである。

第二期のブームの火付け役となったのがRumelhart他による(3)“Parallel Distributed Processing, vol. 1, 2”,

MIT Press, である。これは論文集なので目次を見て、面白そうなものを選んで読めばいい。この中の幾つかを選んで訳したのが甘利俊一監訳「PDPモデル」(産業図書)である。

ブーム以後に書かれた日本語の本は多いが、中でも最もよく読まれているのが(4)麻生英樹著「ニューラルネットワーク情報処理」(産業図書)であろう。(1)、(2)には載っていない新しい考え方や応用例を含めて分かりやすく解説されている。(1)あるいは(2)と(4)をあわせ読めば、多少の抜けや重複はあるものの1980年代までのこの分野の研究の概観が得られる。この他に(5)合原一幸著「ニューラルコンピュータ」(東京電機大学出版局)、(6)中野馨編著「ニューロコンピュータの基礎」(コロナ社)などがある。カオスに興味がある人は(5)が面白いかも知れない。また(6)に紹介されている森田の海馬のモデルは大胆で興味深い。

以上に紹介した本の他にも重要なものがある。特に、神経回路網の研究者は大脳生理学に関しても、素人なりに一通りの知識を身につけておいたほうがよいのだが、私にはそういった本を紹介するのに十分な知識がないので、ここではふれないことにしたい。

神経回路モデルの研究は、まだ若い分野であり、いま色々な方向に爆発的に発展している。このような分野では、若い人が比較的容易に研究の最前線に立つことができる。現に、昨年度の電子情報通信学会論文誌の神経回路特集号には第一線の研究者の論文に混じって学部学生が書いたものが2編も収録されている。しかし一方では、このような若い分野は、それ自身の中にまだ固有の手法の蓄積が少ないことに注意しなければならない。したがって、この分野の勉強だけでは、長期間にわたってactiveに研究を続けて行くために必要な自分独自の視点を得ることが難しい。神経回路の研究を始めようという人は、このことに注意して、自分のバックグラウンドとなるべき分野の広い勉強も怠らないようにしなければならない。これは自戒をこめたひとりごと。

前号のニュースでお伝えいたしましたように、European Society of Mathematical and Theoretical Biology 会長のJ. D. Murrayさんに日本数理生物学懇談会の設立について通知し両会間の交流を提案する手紙を送りましたところ、次の返事が届きました。

Department of Applied  
University of Washington  
Seattle

Dear Professor Shigesada,

First let me apologise sincerely for the extremely long time I have taken to reply to your very kind and welcoming letter of 26th February which, by a series of unfortunate circumstances, I only recently received. It seems that your letter was forwarded to the above address from Oxford and then back to Europe, by surface mail by mistake, and then after a further delay, which I cannot understand, in Oxford in sending it on to France where I am visiting several universities. It must have seemed very impolite of me not to answer. I really am very sorry to have appeared so.

I am sure that our two societies will work together very well as several of us have already done so individually with many of your members. I know that such a formal communication between our societies will be welcomed by everyone in the European society. Professor Mayan Mimura (an old and very good personal friend) will possibly have told you of how strong the wish was at the European society's foundation to foster such alliances.

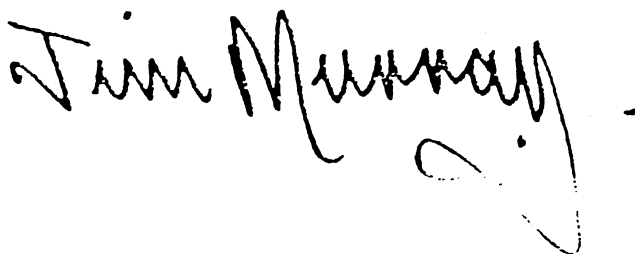
Concerning the newsletter I shall write to the European newsletter editor, Professor K.P. Hadeler, and ask him to send regularly a copy to your newsletter office.

The European Society is now in the process of getting its statutes approved and legally registered in France. I am hoping that all this will be completed soon so that the society can register all the founding members. I hope that we can grow as quickly as your society has done. With the growth of our subject and increasing recognition of the importance of mathematic biology I am sure it will.

Thank you again for your kind letter and please accept my sincere apologies for the unfortunate delay in replying.

With best wishes,

Yours sincerely,



## 自己紹介のページ

### 第4回

会員名	掲載ページ	会員名	掲載ページ
甘利俊一	37	玉置久	42
石原道雄	38	西山賢一	43
稲川健太郎	38	藤原彰夫	43
大島広行	39	布施圭介	44
御山洋一	39	本多久夫	44
北川敏男	40	松本元	45
澁澤栄	40	保江邦夫	46
高橋智	41	松宮義晴	47
竹内規和	41	山内淳	47
武田裕彦	42	四ツ谷昌二	48

甘利 俊一

東京大学 工学部 計数工学科

私の専門は一口でいえば「数理工学」である。つまり数理的な視点で現実の面白い現象の奥に秘む本質的なものを解明し、これを数理的な理論として体系化したいと考えている。だから、対象は面白くさえあれば何でもよい。こうして永年、学問の世界に遊んできた。(私はだいたい遊びが好きで、学問はその合間にやるものと心得ているが、近年アホな雑用がたまって、雑用の合間にほんの少し学問をするという情けない有様である。)

生物の世界は面白い現象、面白い仕掛けの豊庫といわれる。本当かどうか分からないが、私はニューロダイナミクス、学習、記憶、自己組織などに魅せられて、研究を続けてきた。近年は、情報の本質を捉える新しい微分幾何構造の建設(情報幾何学)に夢中になっているが、ニューロ多様体などと称して、行きがけの駄賃でニューラルネット全体の作る多様体を情報幾何で解明してやろうかと考えてもいる。

さすがに寄る年波で老いぼれてきたが、まだまだ若い者に負けない自分独自の研究ができるとうぬぼれている。人のジャマはしないで、楽しみの研究をしたいと思うのでよろしく。

東京教育大学では、菅平でオオヨシキリを観察し、東北大学（修士課程）では、仙台市内のオナガの群れを観察し、社会構造を知ろうとしていました。そのとき、生態学会のシンポで大阪市立大学の研究を知り、動物の社会は密度効果の一つの現われだと思いました。東京都立大学に一年間、研究生として在籍し、大阪市立大学（博士課程）でアズキゾウムシの密度効果を調べましたが、内田先生の域に達することができませんでした。ロジスチック理論とともに、Lotka、Volterra の勉強も少ししました。森下先生の世界密度理論にも感激しました。しかし成果のないまま、現職につき、学生に講義する身となり、週1度しかない講義の準備に明け暮れていました。アズキゾウムシは飼いつづけ、実習などで使っていました。何年かして、誤って農薬のついた小豆を餌にしまい、個体数が急減し、生き残ったものの子孫には脱出孔をうまく開けることができない個体が多発しました。このとき、補習として学生に飼育させた個体群のデータとして雌に極端に偏った結果を出したものがいて、いい加減な結果を出していると思ったりしたのですが、後でどうも本当らしいと思えるようになったころ、絶やしてしまいました。そうこうしながら、動物の個体群は閉鎖系を見ては本当のところは分からないと思っているとき、Roff (1974) の論文を読み、パッチ状に分布する個体群間に移動があり、変動する環境の影響で増殖率がランダムに変化する系のシミュレーションをヒューレットパッカートのモデル20で行ないました。さらに、雌のみを生む蝶を含む個体群の性比についてのシミュレーションを行なった Heuch (1979) の論文を読み、はじめは単に Heuch のモデルをプログラミングしてみようと思ったのが（このときは iF800）、現在の研究 (PC98VX) になりました。性決定機構に関する論文を読むのを楽しみにしています。 囲碁二段、今年中の三段を目指す。

氏名： 稲川 健太郎（いながわ けんたろう）

所属： 中外製薬 探索研究所

出身： 慶応義塾大学 文学部 心理学専攻  
(文学修士)

抱負： ”ころ” や行動を、文学的哲学的にではなく  
理解すること。

研究分野： 行動神経科学/認知神経科学

担当業務： 動物行動を指標とした薬効評価

愛読誌： Journal of cognitive neuroscience

これから勉強したいこと： 計算論的神経科学

大島広行（おおしま ひろゆき） 東京理科大学薬学部

1968年東大理学部物理学科卒。大学院時代は、細胞のモデルとしてのコロイド粒子間の相互作用の計算。学位取得後は、学振の奨励研究員、河合塾等の予備校講師をしながら、長いオーバードクター時代を過ごしました。この間、阪大基礎工学部の三井利夫先生とレシチン・ラメラ相における膜間相互作用の研究。現在も明治大学へ移られた三井先生と筋収縮の理論的研究を続けています。1981年から2年半、メルボルン大学Healy 教授のもとで、White 教授、Chan、O'Brien 等とコロイド粒子の相互作用や電気泳動度の理論的研究。その後、アメリカに渡り、ニューヨーク州立大（バッファロー校）の大木新平教授のもとで半年、膜の電気的性質の研究。さらにユタ大で1年、上田一作のもとで膜に対する麻酔剤の効果等を研究しました。1985年から東京理科大学薬学部の薬品物理化学研究室（近藤保教授）に所属（助教授）。目下、膜表面や細胞表面を固い表面ではなく柔らかい表面としてとらえ、その界面電気現象（とくに、電気泳動）を理論的に研究しています。

御山 洋一（おんやま よういち）

市進学院

筑波大学・環境科学研究科出身。この懇談会のことは某雑誌にて知り、面白そうなので入会しました。突然自己紹介を依頼されたのですが、自己紹介が苦手な性格なのであまりたいしたことは書けません。

現在、野外で鳥を捕まえて追い回すような仕事をしており、とても「数理生物学」と呼べるようなことはしていません。けれども数年前から「カオス」や「フラクタル」といったものに興味を覚え一人勉強をしています。とは言っても、基本的な知識がないので解らないことばかり。悪戦苦闘していますが、あまり進歩がありません。鳥の研究では、「スズメ」を使って「natal dispersal と群れ形成の関係」を中心にやっています。こちらの方も最近始めたばかりなので暗中模索的なのですが、最近のさまざまな理論を横目に見ながら進めていきたいと思っています。

仕事の関係でなかなかセミナーに顔を出せないのですが、機会があれば参加したいと思っています。数理生物学に関しては全くのド素人です。また、何分勉強不足なので、皆さんに何かを学ばせて頂ければと思っています。



自己紹介 会員 北川 敏男

生物数学への情報学的接近という立場で、1977年1月の75年まで、(1) Cell space approaches, 12稿、(2) Formal neural dynamics, 10稿を厚削し、それから(3) Generalised relational ecosphere, 16稿9353稿に及りました。

(1)は Cellular automata; (2)は Caianiello 方程式; (3)は 自らといは情報子, skeleton の2冊に つくらす 4923. 以上の杜撰は, Scientific Contributions of Prof. Toetsu Kitayawa A.I. ~ A.I. (1985) 935, (1)は A.V 巻, (2)は A.VI 巻, (3)は A.VII 巻に 所載.

なほ 全9巻は 次の 機関の Library に あつた. (i) 九大 理学部 基礎情報研究施設; (ii) 文部省統計数理研究所; (iii) 富田 国際情報社会科学研究所; (iv) Princeton Univ.; (v) Uni of California, Berkeley; (vi) Iowa State Univ.

なほ 最近 (1) 及び (2) に 関して 多少とも 引継の あり 研究として, (ii) の 笹川文義 博士 (i) の 河原康雄 教授, 及び 藤野 精一 九大 名誉教授; さらに 共同研究者として 佐藤 優子 大阪府立大 教授 を 申し添え

澁澤 栄 (しぶさわ さかえ)

島根大学農学部・農林システム学講座

専門分野は農業機械学ですが、現在はPhytotechnology (略称: ファイテク) という5年前に勝手に造語した分野の特に土壌物理環境と根群パターン形成の関連を勉強しております。

農業機械というとトラクターやコンバインを連想する人々がまだ多いと思います。しかし、稲作の機械化体系のほぼ完了と同時に米過剰と減反・転作、農産物自由化と消費者の高品質嗜好、農家の高齢化と労働力不足、地力の減少と環境汚染・生態系の破壊などの様々な圧力を強く受けている学問分野の一つでもあり、農業用ロボットの研究をはじめ、新しいテクノロジー開発やパラダイムの転換を模索中であります。ファイテクはその一つのアプローチとして提案したもので、「植物との対話」というキャッチフレーズのもとに、異なる専門分野の研究者・技術者が協力しながら植物生長のモデリングとその生産技術化をめざそうとしています。私は根系の生長モデルを検討しています。今までのところ、耕うん土塊の形のフラクタル性、根群分布の異方的なべき分布、確率Lシステムを参考にした根系パターン形成モデルなどを研究しています。

「数理生物学」には、植物生長のモデリングとその実用化に参考になるものが沢山あるのではないかと期待しております。

高校の頃に京大の理学部では何でも好きなことができるときき、岩手の鄙より上洛して7年が過ぎました。3回生くらいから、寺本研、山口研、あるいは蔵本研とおもしろそうなところに、ずうずうしく出入りし、いろいろと（コピー枚数事件等）ご迷惑をおかけしました。そんなわけで、もともと生物をやるつもりでいて、じっさい生物専攻で、同時にフラクタルという数学をやっていたりすることになりました。

修士論文では、季節変動が捕食者-餌系に与える影響（餌の共存や、振動の周期など）について調べました。昨年4月に、生態学のさかんな大阪市大に就職したのを機に、より具体的な問題に興味をもち、フィールドの人と協力して魚の右利き左利きの頻度のダイナミクスのモデルをつくっています。大学で数理生物を教えながら、数理的手法を身近に感じ、あるいは使いこなす生物学者の層がさらに厚くなることを夢見ています。

これからも、ふらふらとあちらこちらに顔をのぞかせることとしますので、その時はよろしく願います。

竹内規和

水産庁養殖研究所（フリーターの様なもの）

## 自分の専門分野とその特徴

植物の形態形成に関する研究を専門として行っていますが、今までのところさして数理科学的カラーを持って研究を行って来たわけでもなく、また植物が専門と言っている割には水産庁の養殖研究所という所に居候させてもらっているという状態です。

## 数理科学懇談会入会の発端

現在の分子生物学的アプローチに疑問を感じ、数量化しにくい形態と言うものを、万人に理解できる形にしたいと考えて、本を読んだりしていたのですが、自分の素質のなさを嘆いている毎日でした。そんな折、この会の広告を見て、考えるより即実行とばかり入会させていただくことにしました。

## 興味のあるところ

現在、フラクタルに興味があり、勉強中です（希薄な内容で済みません）。

## 入会後の自分

せっかく入会したにも関わらず、地の利の悪いところにばかりいるため、どこにも出れず（以前は筑波にいました）。まだまだ自分の素質のなさに毎日嘆き続けています。

## 希望

ぜひ車の運転技術を向上させ瀬田まで行けるようになりたいと祈っています。

## 最後に

こんな私ですが皆さんよろしく願い致します。

京都大学工学部電気工学科を 1985 年に卒業しました。大学院時代から、組合せ最適化問題に対する実用的解法の構成に興味を持ち、スケジューリング問題に対して、分解による近似解法の構成等に関する研究を行ってきました。最近では、遺伝アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) の実用的解法としての可能性に注目しています。

工学的な最適化問題に GA を応用してみようと言う軽い気持ちで、計算機シミュレーションを中心に研究を進めてきましたが、現在、理論的解析によるシミュレーション結果の裏付けが当面の課題であると考えております。この懇談会に参加させていただいたのを機に、数理生物学の基本から勉強させていただくつもりです。今後、どうかよろしくお願いします。

## 武田裕彦 (たけだ やすひこ)

京都大学・理学部・生物物理学科・理論生物物理研究室 D2

大学院に入りたての頃、「ああ、優秀なしもべが三人欲しいなあ。」とつぶやいて、当時同室だった小淵先生の失笑を買ったことがあります。

「... しもべ三人て、一体何をやらすんや。」

「めちゃくちゃ切れる数学者と、何でも知ってる生物学者と、コンピュータばりばりのシミュレーション屋が欲しいんですよ。そしたらもう無敵でしょ。」

「..... で、君は一体何をやるんや。」

「へ? ...。そら... 通訳をするんです。^^;」

当然のことながら周りには優秀な友人達は皆自分のテーマで忙しく、僕のほら話(?)に乗ってくれるような奇特な人はいませんでしたから、結局一人で自分のテーマを暖めることになりました。もちろん、一人というのは大げさで、今迄、色々な分野で僕と議論し、刺激を与え続けてくださった、我が理論研の諸先生はじめ、すべての人達が、僕の師匠だったともいえます。皆様、これからもよろしくお願いします。

・ 僕は数理生物学が好きです。数ある学問の中でも最も学際性の高い分野だと思います。願わくは、様々な分野の交流の中から、豊かな、有意義な結果の生まれんことを。

技術が生まれて世の中を変えていく仕組みはどなっているか？産業社会はどこへ遷移していくか、その極相は？共同体はどこから来てどこへ行くのか？こうした問に、数理モデルを手がかりにしながら取り組んでいます。広く文化の問題に生態学の見方でアプローチしていくので、ひとことで「文化生態学」と呼んでいます。

もともとは理論化学を学び、理論生物学の分野で研究をしてきました。そして理論経済のリーダーの一人であるマーシャルが、「経済学は生物学の一分野だ」というのに乗せられて、10年近く経済学部にいました。そのころ寺本先生、松田先生が主催された研究グループ「生物の適応戦略と社会構造」に加えていただき、生物のかわりに企業を題材にして、「企業の適応戦略」（中公新書）という本をまとめました。念のため、これは企業の経営に役立つ話でなく、素人が企業を外から観察しただけだと書きました。ところがそうした見方こそいまの経営に大事だとかで、それ以来、企業経営の専門家にさせられてしまい、あやしげな人達とも付き合うようになりました。本はしばしば人の道を誤らせるようです。

2年半前に、経済学部からいまの職場にかわりました。ここは国際関係とその中の日本を考えようとするセンターです。イデオロギーが渦巻く中で、生態学のクールな目で日本学を進めてみようと考えています。技術も産業化も共同体論も、そのための基本的な柱です。理科と文科の違いを越えた分野が大きく育たないものかと考えています。

藤原 彰夫 （ふじわら あきお）

東京大学 工学部

東京大学工学部 物理工学科卒業後、（株）日立製作所 入社。大型計算機の実装技術、Molecular Beam Epitaxy 装置、Ion Beam Sputtering 装置の開発など実用的テーマをいくつか手掛けたが、今年3月、思うところあって退社。現在、東京大学大学院 工学系研究科 計数工学専攻 修士課程 甘利研究室に在籍。

研究テーマは、量子情報理論。古典情報理論と違って量子情報理論では観測問題を露わに扱うため作用素環など大がかりな道具だてが必要で、私の頭ではなかなかついていけず、悩ましい毎日を送っています。数理生物学についてはまだまだ傍観状態ですが、ゲーム理論の微分幾何や進化の問題なども手掛けてみたいと思っています。一時期 Genetic Algorithms にも凝っていました。実は大学院に戻った理由は、数理生物学をやりたかったからでした。途中で気が変わり、今でこそ量子論をやっていますが、生物学に対する情熱は今でも変わりありません。

趣味は音楽、特にクラリネット演奏。高校生までは、指揮者になりたいと思っていました。今は室内楽に凝っていて、木管五重奏などの室内楽団を仲間と結成できたらいいなあ、などと考えています。

東北大学理学部地質学古生物学教室出身。

化石を扱う教室に在籍していたことから、生物の進化に興味を持っています。古生物の種は「形態種」で、形態的な不連続性に基づいて定義されます。そのように定義される種間の関係を言及するためには、単なる形質の列挙ではなく、形態形成を司る論理を追求しなければならないと思っています。そんなわけで、門外漢ながら拡散反応系などの非線形現象の数理に手を出していました。ところが、非線形方程式から作り出される現象は面白いものの、パラメータの時間的変化をもたらすためにはメタ論理必要となることなどを考えると、このようなアプローチでは進化という創造的な現象をうまく捕らえられないのではないかと最近漠然と思っています。(と言って代案を思い付いているわけでもありませんが...) 進化の問題ばかりではなく、他分野での最近の動向などをこの懇談会を通して知りたいと思っています。今後とも宜しくお願い致します。

本多 久夫 (ほんだ ひさお)

鐘紡ガン研究所

生き物の形はおもしろいと思う。そのまま見ても、顕微鏡で見ても。遺伝子という情報のストックがあつて、これがほとんどの形づくりを支配しているのだと教えられると、なおさら興味深くなる。生物学の問題解明に、生化学や遺伝子工学が不可欠なのが現状だが、この形を見ていると幾何学などの数学や物理学もきつと役立つにちがいないと思えてくる。

そこで、これまで上皮組織シートを形成している細胞の幾何学モデルをつくって、いくつかの問題を解いてきた。

この一、二年、このような研究が、トータルな生物体のなかでどんな位置を占めるか知りたいこともあつて、少し勉強した。この結果を、「シートからの身体づくり」(中公新書, 1991)という本にした。生物の分野以外の人にも読んでもらえるようにこころがけて書いた。皆さんのご批評をお願いしたい。

最近、細胞の三次元的塊に目を向けつつある。

松本 元 (電子技術総合研究所)

昭和29年3月に東京大学理学部物理学科を卒業し、昭和44年3月に東京大学理学系大学院物理課程を修了し「 $(La_{1-x}Ca_x)MnO_3$ の磁性と伝導」で理学博士を取得した。その後、昭和46年4月より東京大学理学部物理教室助手として、核磁気共鳴法を用いて固体物性の研究をしてきたが、昭和46年5月に通産省工技院電子技術総合研究所にうつってから神経研究に専ら向した。まず、ヤリイカの神経細胞が巨大であることから、これを用い非線形非平衡系の立場からの神経興奮研究をすすめた。この為、ヤリイカの水槽内飼育の研究、非線形非平衡系としての神経細胞の立場での神経興奮モデルの研究と提案、神経興奮モデルを分子レベルから説明する為の生化学・細胞生物(顕微鏡観察を中心とする)形態学などの研究、をすすめてきた。昭和59年4月からはこれに加え、ラットなどの哺乳動物の脳の学習記憶機構の解明研究にとり組んでいる。この為、脳の海馬に着目し、脳の神経細胞活動を16,000点に亘って無侵襲に実時間記録できる光計測システムを開発し、「光生理学」と呼ぶべき新しい分野を拓きつゝある。

EMCSR 1992  
ELEVENTH EUROPEAN MEETING  
ON  
CYBERNETICS AND SYSTEMS RESEARCH  
Vienna, April 21 - 24, 1992

CHAIRMAN:  
Robert Trappl, President  
Austrian Society for Cybernetic Studies

SYMPOSIA:

General Systems Methodology  
Mathematical Systems Theory  
Computer Aided Process Interpretation  
Fuzzy Sets, Approximate Reasoning and KnowledgeBase  
Systems Designing and Systems  
Humanity, Architecture and Conceptualization  
Biocybernetics and Mathematical Biology

Systems and Ecology  
Cybernetics in Medicine  
Cybernetics of Socio-Economic Systems  
Systems, Management and Organization  
Cybernetics of National Development  
Communication and Computers  
Connectionism and Cognitive Processing  
Intelligent Autonomous Systems  
Telepresence, Virtual Environments, and Interactive  
Fantasy  
Impacts of Artificial intelligence  
History of Cybernetics and Systems Research

SUBMISSION OF PAPERS: Acceptance of contributions will be determined on the basis of Draft Final Papers. These Papers must not exceed 7 single-spaced A4 pages (maximum 50 lines, final size will be 8.5 x 6 inch), in English. They have to contain the final text to be

See Page 48



## 保江邦夫 (やすえ くにお)

ノートルダム清心女子大学情報理学研究所

へそまがりとは私のことです。高校はいわゆる進学校にいたため、周りの連中は皆医学部へ行こうとしていました。それが嫌で大学は天文学科にしました。すると大学院に行くときに(あたりまえですが)周りの連中は皆天文学専攻に進もうとしていたので、それが嫌になり理論物理に進みました。すると周りの連中はやれ物性論だ素粒子論だと枠にはまった研究をしていたので、それも嫌になり一人で物理の量子論と数学の確率論の間のところの研究を始めました。すると、このての研究では極度に緻密な頭脳が要求されることが分かり、自分では無理だと思ったのですが、今更引っ込みがつかず、できるだけ人がやっていないところばかりをうろうろしました。結局、確率論の人達は変分学は余り気にかけていないし、量子論の人達は最小作用の法則など気にもとめていないということが分かりました。そして確率変分学なるものをでっち上げてそれを量子力学に应用したところ、ハミルトンの最小作用の法則が量子論においても成り立っていることが分かったのです。すると、急にこの方面の研究者が増えてきて(といっても世界で20人ほどですが、この分野では10人を超えるとメジャーです)、それが嫌になり、しばらく山にこもりました。いわゆる隠遁者になったわけです。

そのうち元気のいい助手が入ってきて脳味噌をかき回され、気がついたら脳味噌の研究に引きずり込まれていました。生来、生ものは大嫌いで、生物などくそくらえと思っていた自分がこんなことになるうとはと、もがき苦しみました。とって助手の手前、「ほかー生物のことはわからんのんじゃ」とは言えないので、できるだけ物理っぽい、数学っぽい、欲を言えば量子力学や場の量子論が出てくるような生物研究が本物だと言ってごまかしてきました。するとアルバーターの梅沢先生や高橋先生が場の量子論で脳の理論を作られたことがあるというので、それをやろうということになり、ついに逃げられなくなってしまいました。というわけで、今はQBD (Quantum Brain Dynamics) 「量子脳力学」なるものを(再び)でっち上げております。あー、またどこかに逃げたい!

さて、この助手とは誰でしょう。(解答はニュースレター第4号19ページにあります。)長くなったお詫びに皆さんに本誌をお借りして、本屋、生協書籍部への御招待券を差し上げます。ご自由に切り取ってお使い下さい。

-----ご招待券-----

本券で最寄りの書店、生協書籍部に自由に入ることが出来ます。但し下記の本を購入または注文しなければ出て行くことは出来ませんのでご注意ください。

治部・保江共著「1リットルの宇宙論：量子脳力学への誘い」(海鳴社)

## 松宮 義晴 (まつみや よしはる) 三重大学生物資源学部資源解析学研究分野

水産資源解析を研究し教育しているという名目でなりわいを立てている。専門は Fish (水産生物) を対象とした Population Dynamics であるから皆様方の研究とも関連が深い。東京大学農学部 (博士課程中退) →長崎大学水産学部→東京大学海洋研究所→三重大学生物資源学部と転任し、‘松宮の大回遊’としてつとに有名である。

趣味は某職業野球団の応援とアユの友釣り。野球の方は機密事項 (内容はいいない) の検討や作戦データの解析にも参画している。いくつかの勝利に貢献し、多くの敗北の原因をつくっている。アユ釣りの方は大学から1時間以内に3~4河川の好釣場があり、ひまを積極的につくって涙を流しながら楽しんでいる。まさにアユ釣りの桃源郷である。東京から三重への転任について、周辺の人々は野球とアユのためだと思い込んでいる。最近になって、小生もこの風評を信じるようになった。

お互いに電話を使用しない生活を試みている。自宅にも研究室にも電話はない。多くの人が賛同し、この企画は全国的に広まりつつある。名刺にも F A X 番号 (0592-31-6592) のみ載せている。水産資源解析は本会員の多くの方々とも深く関連している。今後とも中味のある交流を続けていただきたい。

山内 淳 (やまうち あつし) 九州大学・理学部・生物

この原稿を書いている1991年8月現在、博士課程の3年に在籍しており、研究テーマとしては数理生態学に取り組んでいます。もともと学部生の時は、九大の生態研に在籍して鹿の研究などをやっておりましたが、これに挫折、数理生態に鞍替えをしたわけです。そんなわけで、基本的に「何故、この生き物はこんな風になっているのだろう」とか「何故、こいつはこんな風に振る舞うのだろう」ということに興味があり、その疑問に対して合理的な答えを与えるような研究をしたいと思っています。しかしもともとが生態志望で、数学の知識が必要になるとは思っていなかったため、数学をあまり熱心に勉強してきませんでした。その結果、このごに及んで式は立ててみてもそれが解けないという憂目に会っています。数理生物にとりくみはじめてはや5年。この間、ろくな研究もせずにここまで来てしまいました。指導教官にも迷惑をかけっぱなしです。もう少し頑張らねば……

……「はいはい、この原稿を書き終わったら計算しますよ、巖佐さん！」



大分生まれで高校まで大分。大阪大学理学部数学科で10年間修業。1979年から宮崎大学工学部に就職し、1989年までの10年間武者修業。1989年から龍谷大学理工学部。

院生の前半では、抽象的な非線形発展方程式の理論をやっていました。しかしながら、自分には向いていないと気づいて、院生の後半から具体的な方程式に興味をもつようになりました。ちょうど山口先生と野木先生共著の「ステファン問題」に出会い、具体的な方程式を調べる楽しさを知りました。宮崎では、工学の人々からセミナーや焼酎をつうじて多くのことを学ぶことができました。また、数学では教育学部の川野氏や、当時医大にいた薩摩氏とのセミナーや共同研究がよい思い出です。そのときの研究がきっかけで、ミネソタ大学の Wei-Ming NI 氏を約1年間訪問し、半線形楕円型方程式に関して本質的なことを学ぶことができました。

現在の研究テーマは、宮崎で質問された界面での化学反応の数理モデルに関するものと、川野、柳田両氏との半線形楕円型方程式に関するものです。

数理生物に関しては、何もしていませんが、いろいろな数理モデルの話を書くのが好きです。これまでは三村先生の講演や論説を通じて偏微分方程式に関連する数理生物の楽しさを感じてきましたが、龍谷でのセミナーにときどき参加してみて範囲の広さに驚いています。

submitted, including graphs and pictures. However, these need not be of reproducible quality. The Draft Final Paper must carry the title, author(s) name(s), and affiliation in this order. Please specify the symposium in which you would like to present your paper. Each scientist shall submit only one paper. Please send three copies of the Draft Final Paper to the Conference Secretariat (not to symposia chairpersons!)

**DEADLINE FOR SUBMISSION: October 15, 1991.**

In order to enable careful refereeing, Draft Final Papers received after the deadline cannot be considered.

**FINAL PAPERS:** Authors will be notified about acceptance no later than November 20, 1991. They will be provided by the publisher of the proceedings with the detailed instructions for the preparation of the final paper.

**Address**

Organizing Committee of the  
ELEVENTH EUROPEAN MEETING ON  
CYBERNETICS AND SYSTEMS  
RESEARCH 1992  
c/o Österreichische Studiengesellschaft für Kybernetik  
Schottengasse 3  
A-1010 VIENNA  
AUSTRIA (EUROPE)

**ECAL 91: European Conference on Artificial Life -  
Toward a practice of Autonomous Systems.**

To be held in Paris, 11-13 December 1991

Artificial animals	Self-adapting systems
Genetic algorithms	Emergent structures
Autonomous system	Emotion and Motivation
Emergent behaviours	Neural Networks
Artificial ecologies	Co-evolution
	Immunologic algorithms
	Fitness Landscapes

**Conference Chairs:** Paul Bourguin and Francisco Varela

**Organising Committee:** I. Alvarez, L. Bocheureau,  
G. Deffuant, V. Douzal T. Fuhs

Artificial Intelligence Laboratory, CEMAGREF, BP  
121, 92185 Antony Cedex, France.  
Fax: (33)140 96 60 36  
Telephone: (33)1-40 96 6179  
E-mail: tf@litp.ibp.fr

**Important dates:** June 15th, 1991: Submission of papers not exceeding 4000 words (four copies) to be sent to the organising committee. August 31st, 1991: Notification of acceptance or rejection. October 15th, 1991: Camera-ready revised versions due. December 11-13th, 1991: Conference.

## 事務局からのお知らせ十編集後記

**今**回は、半分以上シンポジウム予稿集という格好をしていますが、手抜きとは言わないでください。これはこれで手間がかかるのですから。誰ですか、観光の計画がたてやすくなったと喜んでいるのは。紅葉にはまだ早いですよ。

**9**月17日発送（シンポの2週間前までには皆様の手元に届ける）というのが目標だったので各方面の方々にご迷惑をおかけしました。そういう訳で自己紹介のページに自分がない方、すみません！次回に掲載しますのでご勘弁を。

**い**つものセミナーの記録は今回はおやすみです。夏休みもあったし次回にまとめて載せます。

**次**号は3月頃までには出したいと思っています。そうすれば、年3回発行という新記録をつることができますからね。

### 数理生物学懇談会1990年決算報告

収入		支出	
会費 (108件)	¥263,000	振替用紙印刷費	¥19,570
		ニューズレター1号	¥28,691
		ニューズレター2号	¥32,597
		ニューズレター3号	
		および住所録	¥63,172
		郵送料	¥130,620
		送金手数料	¥5,220
合計	¥263,000		¥279,870
次年度繰越赤字	¥16,870		

連絡先： 〒606 京都市左京区北白川追分町  
京都大学理学部生物物理学教室内  
数理生物学懇談会事務局  
重定南奈子  
Tel. 075-75-4222

ニューズレター編集  
〒520-21  
大津市瀬田大江町横谷1-5  
龍谷大学理工学部電子情報学科  
小淵洋一、斉藤隆  
Tel. 0775-43-7410 Fax. 0775-43-7428

## 目 次

第2回数理生物学シンポジウムのお知らせ		
日程予定		1
予稿		4
入門文献特集		
進化生態学関連の文献	巖佐庸	32
ニューラルネットワーク入門書の紹介	倉田耕治	35
本紹介のページ		
巖佐庸+倉田耕治		34
Prof. J.D. Murray からの手紙		36
自己紹介のページ		37
甘利俊一+石原道雄+稲川健太郎+大島広行+ 御山洋一+北川敏男+澁澤栄+ 高橋智+竹内規和+武田裕彦+玉置久+西山賢一+藤原彰夫+布施圭介+本多 久夫+松本元+保江邦夫+松宮義晴+山内淳+四ツ谷昌二		
国際会議予定の抜粋		45
会員のデータ(新入会員、変更、訂正)		49
事務局便り+編集後記		50

数理生物学懇談会ニュースレター第5号  
1991年9月15日発行  
数理生物学懇談会事務局  
印刷・製本 うめだ印刷(株)