

*JAMB Newsletter No. 18*

数理生物学懇談会  
ニュースレター

第18号

1996年1月

*Japanese Association  
for  
Mathematical Biology*

## NewsLetter編集局移転のお知らせ

本号No.18より、NewsLetter編集局が、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に、大阪地区の集団編集体制で運営されることになりました。今後、NewsLetterについてのご意見や投稿などは、新しい編集局の方へお願いします。

### 編集委員

難波利幸（大阪女子大学学芸学部基礎理学科 tnamba@center.osaka-wu.ac.jp）  
江副日出夫（大阪女子大学学芸学部基礎理学科 hezoe@center.osaka-wu.ac.jp）  
倉田耕治（大阪大学基礎工学部生物工学科 kurata@bpe.es.osaka-u.ac.jp）  
高橋 智（大阪大学理学部数学科 takahasi@math.wani.osaka-u.ac.jp）  
時田恵一郎（大阪大学理学部物理学科 tokita@godzilla.phys.sci.osaka-u.ac.jp）

また、これまであまり表にでることはませんでしたが、全国を7つの地区に分け、各地区からお一人地域世話人として編集に協力していただいています。今回、小川知之さんの転勤にともない、中国・四国地区的世話人を広島大学総合情報処理センターの入江治行さんにお願いすることになりました。この機会に各地区的地域世話人をご紹介します。

### 地域世話人

高田壮則（北海道 C11978@sinet.ad.jp）  
酒井聰樹（東北 i22986@cctu.cc.tohoku.ac.jp）  
渡部昇（関東 br@nms.ac.jp）  
関村利郎（中部 sekimura@isc.chubu.ac.jp）  
高須夫悟（関西 takasu@ics.nara-wu.ac.jp）  
入江治行（中四国 haru@ipc.hiroshima-u.ac.jp）  
佐々木顕（九州 asasascb@mbox.nc.kyushu-u.ac.jp）

なお、今回の移転はNewsLetter編集局だけで、事務局は後1年今まで通り九州大学理学部生物学教室数理生物学研究室のメンバーによって運営されます。住所変更、入会希望、会の運営に対するお問い合わせや御意見は九州大学の事務局までお願いします。

# 小胞形態をとる脂質二重膜の動力学

東大医、細菌、藤谷洋平

脂質二重膜（以下、膜）は、親水性の頭部と疎水性の尾部からなる脂質分子が尾部を向かいあわせて作る二分子層からなり、細胞の基本的な構成単位である。膜で囲まれた小胞を人工的に作ることもでき、リポソームと呼ぶ。

膜は曲げに対して復元力を持つ。この復元力は膜の法線方向を向き、大きさは膜の平均曲率によって決まり、膜の物性定数であるベンディングリジディティー（以下、リジディティー）と自発曲率が関わる。<sup>1</sup>膜が二次元方向の伸展圧縮に対して等方的な弾性を持つと考えると、これに関わる圧縮係数が、膜のまた一つの物性定数となる。膜は、さらに二次元ニュートン流体とも考えられる。<sup>2</sup>流体としての膜は物性定数として、粘性係数（ $m$ ）を持つことになる。膜の運動方程式は、二次元ニュートン流体の運動方程式に法線方向の復元力の項を追加することで作ることができる。

この定式化<sup>3</sup>の応用例として、流体中にあり且つその内部に流体を含んでいて、静止している時には球形のリポソーム（半径 $r_0$ ）を考え、この系の静止からわずかにされた運動を線形近似の範囲で解析する。以下の例ではリポソームの内外の流体は非圧縮であるとし、ストークス方程式に従うと考える。膜と内外の流体との間の界面張力係数は、膜の圧縮係数に含めてしまうことにする。

第一例目<sup>3</sup>は、外部の流体が遠方で静止している場合の系の過減衰運動を考え、膜の半径方向の変位のモード毎の減衰係数を計算する。これは系の平衡のまわりの揺らぎの時間依存相の減衰係数でもある。この表式は、実験から膜の物性定数についての情報を得る際に有用であると考えられ、従来から理論的研究がいくつかなされてきたが、いずれも膜の粘性を無視している。<sup>4</sup>計算の結果、膜の粘性係数をも含んだ減衰係数の表式を得てみると、従来の研究では膜の粘性を無視しているばかりか、膜の二次元流体としての連続性の条件に膜の動きによる効果がとりいれられてなかったり、あるいは、膜が容易に伸び縮みする極限で考えられていたりしたことがわかった。実験によると膜はほとんど非圧縮である。非圧縮性を考慮に入れて求めた私の表式は、粘性による項を無視しても従来のものと一致しない。内外の流体の粘性係数を $\bar{\mu}$ 、 $\tilde{\mu}$ とすると、 $\mu$ が $\bar{\mu}r$ や $\tilde{\mu}r$ よりもあまりに小さいときを除いて、膜の粘性は低モードの減衰係数に対して無視できない影響があることがわかった。実測されている膜の粘性係数を

使うと、内外の流体が水であるとき、膜の粘性を無視できぬ状況が実際にもおこりうることがわかる。

第二例目<sup>5</sup>は、外部の流体が遠方で弱い線形剪断流である時のリポソームの変形を求める問題である。膜がない場合つまり線形剪断流中の液滴の変形は古くから研究されており、また曲げに対する復元力のない膜からなる球状小胞の場合も既に研究がある。しかし、例えば、球形リポソームの変形の測定から膜の物性定数の情報を得ようとすると、曲げに対する復元力を考慮に入れた計算が必要となる。計算は、 $r_0$ 、リジディティー、 $\tilde{\mu}$ で無次元化してから行なった。計算結果は、膜の圧縮係数が零であるか否かで場合が分かれるが、変形の表式そのものは線形の範囲では圧縮係数には依らない。零である場合の計算は、液滴の半径、液滴の表面張力係数、外部流体の粘性係数で無次元化された液滴の変形の計算と同じになるが、リポソームの変形問題としては例外的な場合となる。

1. Canham (1970), J. theoret. Biol. 26 :61; Lipowsky (1991) Nature 349 :475.
2. Singer & NicolsOn (1972) Science 175 :720.
3. Fujitani. Physica (1994) A203 : 214.
4. 論文3と同じ年には、同じく粘性を考慮にいれた次の論文も出版された。  
Zvelindovsky & Zatovsky (1994) J. phys. II (Paris) 4: 613;  
Lisy, et al. (1994) Phys. Rev. E50 : 3755.
5. Fujitani (1995) Fluid Dyn. Res. 15 :1.

# 繰り返し行われる”囚人のジレンマ”：1次のマルコフ戦略<sup>1</sup>

北海道大学水産学部 西村欣也<sup>2</sup>

協力行動が生物社会の中でどの様に進化してきたかは、進化生物学者にとって大変興味深い問題である。血縁関係のある個体どうしの協力関係は、時には血縁選択によって説明されることがある。一方、非血縁者どうしの協力関係は、利害が一致する場合以外には、難しいものと考えられる。2人ゲームである”囚人のジレンマ”ゲームは、協力行動が可能であるかもしれないが、それは容易に達成されそうにない微妙な状態を表す優れたメタファーとして、経済学、政治学、生物学などの多くの分野で盛んに研究してきた。

2人ゲームで、以下のような利得行列を考えてみよう。

$$\begin{array}{cc} & \begin{matrix} C & D \end{matrix} \\ \begin{matrix} C & \\ D & \end{matrix} & \left[ \begin{matrix} R=3 & S=0 \\ T=5 & P=1 \end{matrix} \right] \end{array}$$

行列の外側に書いてある文字  $C$  は”協力”を、 $D$  は”裏切り”を意味する。注目するプレーヤーが協力的行動をとった時を考えてみよう。その時、相手のプレーヤーも協力をしてくれたなら、このプレーヤーは  $R=3$  の利得を得ることが出来る。一方、相手のプレーヤーが裏切り行動をとったときは、 $S=0$  の利得しか得られない。注目しているプレーヤーが裏切った時はどうだろうか。相手が協力してくれたときは、しめたものである。その時は  $T=5$  の利得が得られる。しかし相手も自分同様、裏切ったときは、 $P=1$  の利得しか得られない。相手のプレーヤーを、注目したプレーヤーに置き換えたときも、得られる利得は同様である。

1度だけ行きずりの者どうしが、このようなゲームを行う場合、どの様なことが起こるだろうか。協力をすれば、お互いに高い利得が得られるにもかかわらず ( $R=3$ )、”相手が協力してくれたときに自分が裏切れれば、さらに高い利得が得られるはずである ( $T=5$ )” という誘惑にかられ、お互いに裏切って、低い利得しか得られることになる ( $P=1$ )。協力的な行動をとれば、ましな利得が得られたはずなのに。上記の利得行列の各要素の関係が、 $T > R > P > S, R > (T+S)/2$  であるとき、このようなジレンマが生じる。これを”囚人のジレンマ”と呼ぶ。

集団の中でランダムに出合った2人が、1回だけ”囚人のジレンマ”ゲームを行うならば、裏切り合いの関係しかこの世には見られないことになる。しかし出合った2人のプレーヤーがもう少し長くつき合いを保って、2回以上ゲームを続けるとき、少し様子は違ってくる。前に、こちらが協力したのに裏切った相手に対して、次の対戦で協力してやることはない、しかし相手が協力してくれたなら、次の対戦でも仲良くした方が良いかも知れなり。このように相手の以前の態度によって、次の対戦でどの様につき合うべきかを考えることが出来るのである。このようにつき合いが続くとき、裏切りばかりをするプレーヤーよりも、うまいやり方で相手とつきあい、より高い利得を得るようなプレーヤーが出てくるのである。

<sup>1</sup>本稿は、Stephens, Nishimura and Toyer (in press) J. theor. Biol. の一部を紹介したものである。

<sup>2</sup>Email: strixkn@fish.fish.hokudai.ac.jp

集団の中で出合った2人のプレーヤーが、何回も同じ相手と”囚人のジレンマ”ゲームを行うとき、過去のつき合いの経験から、次の手を決めるやり方があるので、考えうるプレーヤーの戦略は、過去の経験の使い方によって、無限に存在することになる。いろいろな戦略のプレーヤーが存在すれば、2人ゲームの対戦の組み合わせも多様になり、解析的にどのプレーヤーが一番優れているかを調べることは困難になる(Boyd and Lorberbaum, 1987; Farrell and Ware, 1989)。そこでコンピューターの中で、幾つかの考えうる戦略をとるプレーヤーからなる集団を作り、その中でランダムに出合ったものどうしの対戦をさせ、ゲームの利得に従って子どもを残すものと考えるシミュレーションによって、優れた戦略が何かを探す研究が盛んに行われてきた(Axelrod and Hamilton, 1981; Nowak and Sigmund, 1992; Nowak and Sigmund, 1993)。

それらのシミュレーションのチャンピオンとして、”Tit-For-Tat”と呼ばれる戦略がよく知られている(Axelrod and Hamilton, 1981)。”最初は協力、次からは一つ前の対戦で、相手が行った手をオウム返しする”というのがその戦略である。集団中にこの戦略のプレーヤーだけが存在し、他の戦略をとるプレーヤーがその集団に入り込むことが出来なければ、協力関係が達成された世の中になるはずである。

Axelrod and Hamilton (1981) の研究によって、”Tit-For-Tat”プレーヤーが、”囚人のジレンマ”ゲームにおいて協力を達成させる優れたプレーヤーであると認められるようになつたが、最近のコンピューターシミュレーションの研究によると(Nowak and Sigmund, 1993)、”Pavlov”という戦略が”Tit-For-Tat”より、集団の中に多くはびこるようになる。”Pavlov”戦略は次のようなものである。 $R$ か $T$ の利得を得たとき、”勝ち”と考え、その利得を得た時の手を次の対戦でも採用する、一方、 $S$ か $T$ の利得を得たとき、”負け”と考え、次の対戦では反対の手をとることにする。

繰り返し行われる”囚人のジレンマ”ゲームで、最も優れた戦略を見つけることは不可能である。しかし Nowak and Sigmund(1993) の研究は、ある範囲内での全ての戦略のセットについて考え、その中で最良の方法を見つけ出している。”Tit-For-Tat”や”Pavlov”は、過去の対戦の経験を役立てる方法の、最も簡単な場合として、1つ前のゲームの結果を用いる、1次のマルコフ連鎖による戦略としてとらえることが出来る。

そこで、1次のマルコフ連鎖に従う戦略をとるプレーヤーどうしの対戦で、互いのプレーヤーが得られる利得についての定式化をここで紹介する。 $\vec{S}$ を定義する、

$$\vec{S} = (t, r, p, s) = (\Pr(C|T), \Pr(C|R), \Pr(C|P), \Pr(C|S)).$$

このベクトルの各要素は、一つ前の対戦で得た利得によって、次の対戦で”協力”する条件確率を表す。”Tit-For-Tat”であれば $\vec{S} = (1, 1, 0, 0)$ 、”Pavlov”であれば $\vec{S} = (0, 1, 1, 0)$ である。

そこでプレーヤー1 ( $\vec{S}_1 = (t_1, r_1, p_1, s_1)$ ) が、プレーヤー2 ( $\vec{S}_2 = (t_2, r_2, p_2, s_2)$ ) と対戦したとき得られる利得の推移行列は、以下のように定義される、

$$\mathbf{M}_{\vec{s}_1, \vec{s}_2} = \begin{pmatrix} s_2(1-t_1) & (1-r_1)r_2 & (1-p_1)p_2 & (1-s_1)t_2 \\ s_2 t_1 & r_1 r_2 & p_1 p_2 & s_1 t_2 \\ (1-s_2)(1-t_1) & (1-r_1)(1-r_2) & (1-p_1)(1-p_2) & (1-s_1)(1-t_2) \\ (1-s_2)t_1 & r_1(1-r_2) & p_1(1-p_2) & s_1(1-t_2) \end{pmatrix},$$

ここで、例えば最初の列の各行の要素は、上からそれぞれ  $T, R, P, S$  の利得を前の対戦で得たとき、次の対戦で、 $T$  の利得が得られる条件確率を表す。2、3 及び 4 列目の各行の要素は、同様にそれぞれ  $R, P, S$  の利得を得る条件確率である。

2人のプレーヤーの戦略を定義するためには、さらに一番最初の対戦でどんな手をとるかを決めておかなければならない。一番最初の対戦でプレーヤー  $i$  が“協力”する確率を  $c_i$  とするとき、このプレーヤーの戦略は  $\Lambda_i = \{\vec{S}_i, c_i\}$  によって完全に定義される。このように定義された戦略によって、プレーヤー 1 が最初の対戦で得られる利得の確率分布は、

$$\mathbf{y}_{1,2} = \begin{pmatrix} (1-c_1)c_2 \\ c_1 c_2 \\ (1-c_1)(1-c_2) \\ (1-c_2)c_1 \end{pmatrix}.$$

と表すことが出来（ベクトルの要素に対応する利得は、上から  $T, R, P, S$  である）、ゲームの推移行列は  $\mathbf{M}_{\vec{s}_1, \vec{s}_2}$  なので、ゲームで得られる期待利得は、以下のように表すことが出来る。

$$E_n = \mathbf{v} \cdot \mathbf{y} + \alpha \mathbf{v} \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{y} + \alpha^2 \mathbf{v} \cdot \mathbf{M}^2 \cdot \mathbf{y} + \cdots + \alpha^{n-1} \mathbf{v} \cdot \mathbf{M}^{n-1} \cdot \mathbf{y}$$

$$= \mathbf{v} \cdot \underbrace{(\mathbf{I} + \alpha \mathbf{M} + \alpha^2 \mathbf{M}^2 + \cdots + \alpha^{n-1} \mathbf{M}^{n-1})}_{s_n} \cdot \mathbf{y},$$

ここで  $\mathbf{v} = (T, R, P, S)$ 、 $0 < \alpha < 1$  は次の対戦が行われる確率である。 $\lim_{n \rightarrow \infty} s_n = s_\infty = (\mathbf{I} + \alpha \mathbf{M})^{-1}$  なので、プレーヤー  $i$ , ( $\Lambda_i = \{\vec{S}_i, c_i\}$ ) が、プレーヤー  $j$ , ( $\Lambda_j = \{\vec{S}_j, c_j\}$ ) と対戦したときのプレーヤー  $i$  の獲得する平均の利得は、

$$E_{i,j} = \mathbf{v} \cdot (\mathbf{I} - \alpha \mathbf{M})^{-1} \cdot \mathbf{y}_{i,j}, \quad (1)$$

と表すことが出来る。

このような定式化によって、”Tit-For-Tat”、“Pavlov”、“All Defection”を、それぞれ、 $\Lambda_T = \{(1, 1, 0, 0), 1\}$ ,  $\Lambda_P = \{(0, 1, 1, 0), 1\}$ ,  $\Lambda_D = \{(0, 0, 0, 0), 0\}$  と表される。Nowak and Sigmund (1993) では、1 次のマルコフ戦略のプレーヤーどうしの対戦について解析している。彼らは、 $\alpha \approx 1$  における、利得の定常分布を考えた。つまり最初の手とは無関係に、無限に対戦を続けたときに、各プレーヤーが各対戦で得られる利得の期待確率を求めて、プレーヤーの良し悪しを評価したのである。そのため最初の手  $c$  については言及していない。

ここで示した定式化によれば、ゲームの繰り返しが短いときについても考えることが出来る。私たちは、さらにもう一つ新たな仮定を付加して、eq.(1) を用い、”Tit-For-Tat”あるいは”Pavlov”からなる集団が、”All D”個体の侵入を防げるかどうかについて調べた。新たな

仮定とは、それぞれの戦略のプレーヤーが手を実行するときに間違いを犯すというものである。”Tit-For-Tat”のみからなる集団では、全てのプレーヤーは、最初にお互いが協力をするので、集団全体は、協力が達成された良い社会になっているはずである。しかし、悪気がなくとも、手が滑って間違いを犯し、裏切り行動をしてしまうことがあるはずである。他の戦略をとるプレーヤーについても同様に、エラーが考えられる。

その様なことを考慮すると、プレーヤーの戦略は、 $\Lambda_{T_\epsilon} = \{(1 - \epsilon, 1 - \epsilon, \epsilon, \epsilon), 1 - \epsilon\}$ ,  $\Lambda_{P_\epsilon} = \{(\epsilon, 1 - \epsilon, 1 - \epsilon, \epsilon), 1 - \epsilon\}$ ,  $\Lambda_{D_\epsilon} = \{(\epsilon, \epsilon, \epsilon, \epsilon), \epsilon\}$  と表されることになる ( $\epsilon \ll 1$ )。Eq.(1) を用い、いろいろな対戦について、各戦略をとるプレーヤーが平均して獲得する利得を計算することが出来る。このことから、ある戦略をとる集団が、進化的に安定であるかについての解析を行うことが出来る。

誌面の都合上、余り細かいことは述べることは出来ないが、1次のマルコフ戦略を行うプレーヤーどうしの対戦について、エラーを考慮したときに分かることを1つ述べることにする。

- プレーヤーが間違いを犯さないと仮定したとき、 $\alpha$ が大きな値のとき、”Tit-For-Tat”プレーヤーからなる集団は、”All D”プレーヤーの侵入を許さなくなることは、Axelrod and Hamilton (1981) によって調べられている。それは”囚人のジレンマ”が成り立つどの様な利得関係でも ( $T > R > P > S, R/(T+S)/2$ )、常に言えることである。しかし間違いを犯すプレーヤーの場合は話が違ってくる。利得行列の要素である ( $T, R, P, S$ ) の値を  $T > R > P > S, R/(T+S)/2$  の関係を保ちながらいろいろと変えたとき、ある領域では $\alpha$ の値を次第に大きくして行くと、まず”All D”は集団中に侵入できなくなるが、さらに $\alpha$ を1に近づけると、”All D”の侵入が許されることになる。

プレーヤーがエラーフリーでない場合、”囚人のジレンマ”ゲームには、まだまだ面白いことがありそうである。

## References

- AXELROD, R. AND HAMILTON, W. 1981. The evolution of cooperation. *Science* 211:1390–1396.
- BOYD, R. AND LORBERBAUM, J. P. 1987. No pure strategy is evolutionarily stable in the repeated prisoner's dilemma game. *Nature* 327:58–59.
- FARRELL, J. AND WARE, R. 1989. Evolutionary stability in the repeated prisoner's dilemma. *Theoretical Population Biology* 36:161–166.
- NOWAK, M. AND SIGMUND, K. 1992. Tit for tat in heterogenous populations. *Nature* 355:250–253.
- NOWAK, M. AND SIGMUND, K. 1993. A strategy of win-stay, lose-shift that outperforms tit-for-tat in the prisoner's dilemma game. *Nature* 364:56–58.

# 海洋における生態系モデル<sup>注1</sup>

東京大学海洋研究所ただの助手岸道郎

## 1.はじめに

私は「モデル屋」と呼ばれる分野の仕事をしております。この仕事は、コンピューターを駆使して海洋における様々な現象を説明し、また、どういったことを研究調査することが重要でありそうかを、フィールドワークにフィードバックしていく、というものです。われわれのいう「モデル」とは数理生態学でいう「モデル」とはいささか「雰囲気」が異なります。われわれのモデルにはAICなどは登場しません。それは、われわれの学問は地球物理学から派生してきたものであることに原因があると思われます。

釈迦に説法ですが、地球物理学では天気予報をするのに、状態方程式、ナビエストークスの方程式を数値的にいかに効率よく、また精度よく解くか、そして、実際の現象を物理的に説明できるか、を念頭においていますので、天気予報が当たれば（すなわちAICが小さい）よいモデルというのではありません。パラメータの数が少なくて予報があたればよいモデル、というのならば、夕焼けがあれば明日は晴れ、というのが一番いいモデルになる（AICはこれが一番小さくなると今でも確信します）はずです。でも、それでは、自然現象を理解したことにならないわけで、「なぜ、現在の天気が起こっているか？」を理解した上で予報の精度を上げる、というのが地球物理学でのサイエンスであるのです。

われわれの分野「生態系のNumerical Model」を研究している内外の研究者の多くは地球物理（海洋物理）出身で、（これは、物理を知らないと、海の流れの数値モデルを動かすのが極めて困難であることからきていますが、）したがって、生態系のふるまいが「なぜ、そのようになっているか」を理解しようとするモデルを作りたがります。

## 2.つぎに

さて、こういった仕事は最近の学問のように思えますが、実は、海洋物理と生物の融合モデルは1900年代の中ごろからの歴史があります。Riley(1942)<sup>1)</sup>は植物プランクトンの生産の季節変化を、海洋混合層の深さの変化で説明できることを、簡単なモデルで表しました。それがそもそもの始まりであるといってよく、それ以来、モデルはコンピューターの発達によって複雑さを増してきたといえます。しかし、基本的なモデルの構造は50年前とそう大きく異なるものではありません。それぞれの状態変数（たとえば植物プランクトン、栄養塩、稚仔魚など）は、それらの変数に働く物理と生物の外力を表す方程式のセットで記述されます。物理の外力は通常はフラックス形式でかかります。たとえばCという量の局所的な場所での時間変化は移流、拡散による3次元方向の変化として以下のように表されます。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial(vC)}{\partial y} + \frac{\partial(wC)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) + f(C) \quad (1)$$

<sup>注1</sup> おことわり：この文章は、生物研究社の「海洋と生物」1995年10月号に掲載されたものと酷似しております。手抜きでごめんなさい。

ここで、 $u$ ,  $v$ ,  $w$ は物理と生物の速度の和（流れと遊泳速度や沈降速度の和）、 $K_x$ ,  $K_y$ ,  $K_z$ は渦拡散係数です。そして、 $f(C)$ は生物的に変化する部分です。

(1) 式における生物的な部分は2つの要素からなっています。

1つは行動要素で上記の移流拡散の部分に付加されます。一番簡単な場合は水のパッシュトレーサーとして考える場合で、(1)式がそのまま適用されます。次に簡単な場合は沈降速度を $w_s$ で与えて、(1)式の $w$ にその分を加えることです(日本人が書いた論文として、例えばKasai et al., 1992)<sup>2)</sup>。もっと複雑な場合は遊泳速度、沈降速度を時間、空間的に変化させることです。

2つめの要素は状態変数のソースとシンクからなります。成長、死亡、捕食、などで、 $f(C)$ をいろいろな関数形で表すことにはかなりません。過去の多くの生物の研究はこのソースとシンク、すなわち生態系の構成要素間の遷移関数 $f(C)$ を求めるために費やされてきた、といつていいでしょう。一般的にはこの4-50年の研究では状態変数どうしを結び付ける関係式はそう大きな変化はありませんでした。しかし、近年、DOC(溶存態有機炭素)や微小な生物(バクテリア)の働きが重要視されるようになってきて、海洋の生態系のモデルを形成する状態変数も増加してきました(例えば、海洋の大循環モデルではFasham et. al., 1993)<sup>3)</sup>。

一方、物理モデルでは、(1)式の $u, v, w$ は当然のことながら $K_x, K_y, K_z$ も時間空間的に変化するというモデルが計算機の発達とともに開発され、より時間、空間スケールの小さい生物現象をフォローできるようになりました。Yamazaki and Harry(1993)<sup>4)</sup>のように乱流スケールの現象と拡散を結び付けたモデル、乱流混合層と生物生産を結び付けたモデル(Kawamiya et. al., 1995)<sup>5)</sup>などがそれに当たります。(なお、アメリカのモデルについてはFranks(1995)<sup>6)</sup>に詳しく書かれています。)

さて、近年、生態系モデルは「real time simulation」が一種のはやりであります。これは、沿岸域のような小さなスケール、黒潮域のような中規模スケール、海洋大循環のような大きなスケールでもすべてそうです。「天気予報のように実際の日付にそった予報ができる」と、あるいは過去の「1993年6月18日にxxで起こった赤潮をその前に遡って再現できること」「1992年3月1日-8日のyyでのクロロフィルの連続観測での時空間変化を再現してその原因を説明できること」といった具合です。

例えば、Kawamiya et al. (1996)<sup>7)</sup>は岩手県大槌湾の1990年の春季の連続観測を説明するモデルを作っていますし、Yoshimori et al. (1995)<sup>8)</sup>は三陸沖の1990、91、92年の春季ブルーミングについてのreal time simulationをしているといった具合です(ヨーロッパでは北海、黒海、地中海、アメリカではGeorges Bank, Gulfstream Extensionで精力的にreal time simulationがおこなわれています)。こういったreal time simulationにはモデルを検証するデータ(varidation dataという)と、初期条件にするデータ、計算途中で結果を修正するためのデータ(assimilation dataという)が必要です。近年、海洋物理の分野ではこういった概念が広まり、モデル屋と観測屋とのあいだで連携が行われるようになって、varidationとassimilationのためにいろいろなデータがとられるようになりました(短期の

天気予報が近年飛躍的に当たるようになったのは、varidation とassimilationのお陰であります。AMEDASが全国的に整備され、計算機で予報された地面付近の気温や湿度をAMEDASでデータで時々刻々修正して計算機の境界条件として入力しなおしているのです。もちろん空間的にも時間的にも不規則に配置されたデータをモデルに取り込むための技術の開発も行われてきました。観測値をモデルの予測値の修正に用いること、その技術をassimilationと呼んでいます。また、予測した結果と実際に起こった結果が一致するか、一致しないとすると何が原因か？を考察することが学問としては大切なことですから、assimilationに使わなかったデータはモデルの結果の検証に使います。いうまでもなく、これをvaridationといいます。）。

こうなるまでには、海外ではモデル屋は多くの努力を費やして海洋物理に貢献する理論、提言を繰り返してきました。やっと、ここ2-3年日本でもモデル屋が努力をして realtime simulationのための汎用モデルを開発したり（例えばMK-3）<sup>7)</sup>、varidation と assimilationの重要性を説明したりして次第に欧米のように協力体制がとれる雰囲気は出てきたようです。先人（例えば、中田喜三郎さん【通産省資源環境技術総合研究所】、柳哲雄さん【愛媛大学工学部】、私など）が魅力ある学問分野を確立し、生物学者と融合して、後輩がリクルートメントしやすい環境を築くとともに、多くの方の理解をもつて、モデル屋の就職ポストを増やしていただけますと、日本の海洋生物学の将来は片寄ったものにならなくてもすむのですが。

#### References

- 1)Riley, G.A.(1942) : The relationship of vertical turbulence and spring diatom flowerings. J. Mar. Res., 4, 162-171.
- 2)Kasai, A, M. J. Kishi and T.Sugimoto (1992) : Modeling the transport and survival of Japanese sardine larvae in and around the Kuroshio current. Fish. Oceanogr.,1,1-10.
- 3)Fasham, M.J.R., J.L. Sarmient, R.D.Slater,H.W. Ducklow and R. Williams (1993) : Ecosystem behavior at Bermuda Station "S" and Ocean Weather Station "India" : a general circulation model and observational analysis. Global Biochem. Cycles,7, 379-415.
- 4)Yamazaki and Harry(1993) : A new Lagrangian model to study animal aggregation. Ecol. Modell.,69,99-111.
- 5)Kawamiya, M., M.J.Kishi, Y.Yamanaka and N.Suginoara (1995) : An ecological-physical coupled model applied to Station Papa. Journal of Oceanogr. 51-4. (in press)
- 6)Franks, P.J.S.(1995) : Coupled physical-biological models in oceanography. Reviews of Geophysics. suppl.1177-1187.
- 7)Kawamiya,M., M.J.Kishi, A.Kawser and T. Sugimoto (1996) : Causes and consequences in the spring phytoplankton blooms in Ostuchi Bay, Japan. Submitted to Cont. Shelf Res.
- 8)Yoshimori, A., J.Ishizaka, T.Kono, H.Kasai, H. Saito, M.J.Kishi and S.Taguchi (1995) : modeling of spring bloom in the Western subarctic pacific (off Japan) with observed vertical density structure. Journal of Oceanogr., 51,471-488.

# イルカの音響行動学

水産庁水産工学研究所 赤松友成

イルカはいまや環境保護活動のシンボルとなっています。毎月のようにイルカに関連したテレビ番組が放映され、巷にはぬいぐるみ、ポスター、Tシャツ、ネクタイピンなどのイルカグッズがあふれています。イルカには自由闊達で人なつこいイメージがあり、現代のせちがらい社会に組み込まれている我々があこがれを感じるのも当然といえましょう。

もちろんのこと自体は結構なことですが、世間の関心は「イルカとの会話」という幻想に近い期待に集まっています。いまだに「イルカ語はすでに解明されている」といった誤解を抱いている方は少なくありません。イルカとの会話はどこまで可能かといった切り口でその音声について調べてみても、現在までのところ得られる情報はごくわずかでしょう。かつて放映された米国のテレビ番組「わんぱくフリッパー」などに見られる饒舌なイルカは人間のイメージの中にだけ生きているもので、実際には存在しません。

一方で、イルカの音響行動に関してすでに得られている興味深い事実はほとんど知られていないのが現状です。たとえばイルカには声帯がなく、人間とは異なった仕組みで鳴音を発生していること、会話音（ホイッスル）と呼ばれる種類の鳴音を発しないイルカもいること、彼らの持っているエコーロケーションというソナー能力では100mも離れた金属球の存在がわかり、ソナーフォトメトリである程度その認知能力を推定できることなどなど。こちら側の切り口から見れば、イルカの音響行動に関しては実に様々なことが明らかにされており、さらに未知のしかし具体的な研究テーマにあふれていることがわかるでしょう。

これからご紹介する「イルカの音響行動学」は三つの話題からなっています。一つ目はイルカの鳴音と聴覚に関する一般的な知識について、二つ目はイルカの持つ超音波ソナー能力であるエコーロケーションの使用戦略について、三つ目はイルカの特異な聴覚特性を利用した行動制御についてです。

## ●イルカの鳴音と聴覚

水中は音響的な世界といっても過言ではないでしょう。大気中に生息している哺乳類は多くの情報を視覚から得ていますが、水中に生息しているイルカでは視覚が使用できる範囲は10mそこそことです。代わって遠距離の情報伝達手段としては音波が極めて有

効です。

イルカは大雑把に言えばホイッスルとクリックスという2種類の鳴音を発します。ホイッスルは継続時間が数百m s以上と長く、狭い周波数帯域幅に多くのエネルギーを含んでいる音です。人間に聴こえる20 kHz以下の周波数のものが多く、水族館のイルカ水槽ではピーピーとかピューイと口笛のように聴こえます(図1上)。

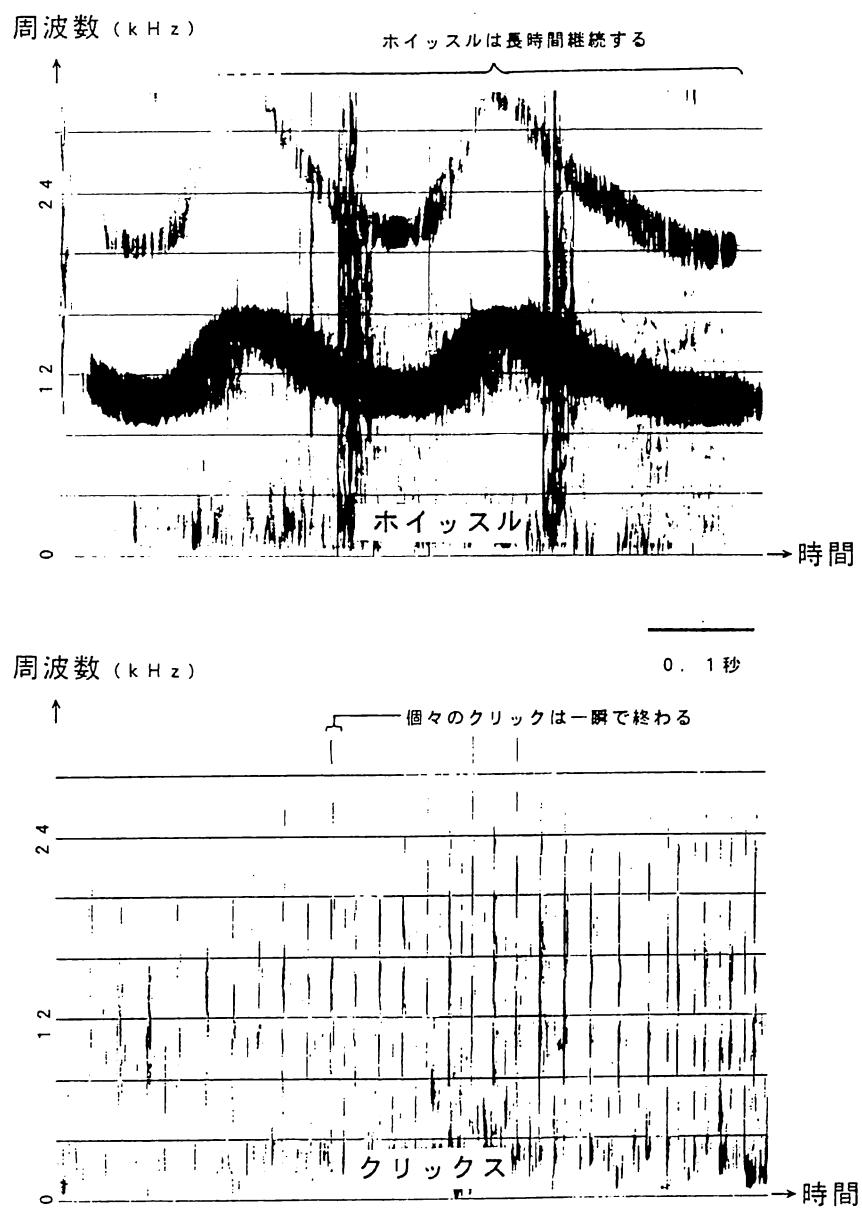


図1 ホイッスルとクリックスのソナグラム

一方、クリックスは継続時間が数十 $\mu$  sと短いパルス音で（図1下）広い周波数帯域幅を持っており、その中心周波数は30～150 kHzの超音波領域にあります。このように高い周波数は通常人間の耳には聴こえないのですが、クリックスにはわずかに低周波成分が含まれており、これがギーギーとかプープーと聴こえることもあります。

イルカの鼻は人間でいえば頭上にあるように見えますが、この鼻から肺へ通じる気管の途中に小さな袋（気嚢）があります。イルカはこの袋に空気を出し入れすることによってパルス状のクリックスを発すると言われています。

イルカも哺乳動物ですから、その聴覚器官の構造は基本的には人間と変わりません。しかしその最も感度の良い周波数は40～50 kHzで、ちょうど人間の聴覚閾値の周波数特性を高周波側にずらしたような感度曲線を持っています（図2）。

さて、イルカがエコーロケーションと呼ばれる超音波ソナー能力を有していることはよく知られています。このエコーロケーションに使用されている鳴音がクリックスです。また、ホイッスルは様々な周波数変調パターンを持っており、個体や群あるいは母子間の識別に用いられていると考えられています。もっともこの区分はあくまで便宜的なものであり、クリックスしか発しないセッパリイルカの鳴音にはエコーロケーション以外の機能があるという報告もあります（Dawson 1991）。

ところで音波の一般的な性質として、高い周波数ほど小さな物体からよく音波が反射する代わりに伝搬に伴う減衰が大きいことが挙げられます。従って、音波を用いて物体を細かく見ようすると周波数を上げねばならず、遠くまで見えません。遠くまで見よ

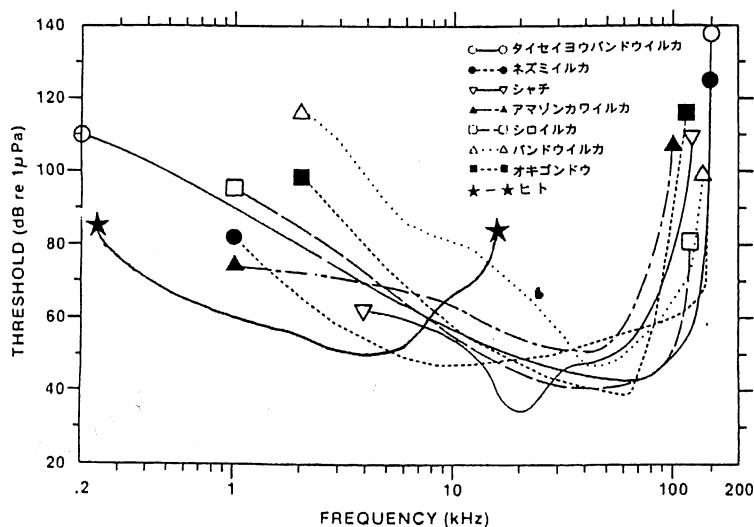


図2 イルカとヒトのオーディオグラム

うとすると周波数を下げねばならず、解像度が落ちます。従って、物体を音波で探査する場合には、その物体の大きさと観測したい範囲によって周波数を選ぶ必要があります。

イルカのエコーロケーションに使用されるクリックスの周波数を50 kHzとすると、このとき波長は1.5 cmですから小さなイカやイワシなどからも反射音が返ってきます。捕食に都合の良い周波数と言えましょう。これが医療用超音波画像診断装置で使用しているような数MHzといった周波数であれば、1 mm以下の精細な解像度と引きかえに音波の到達距離が短くなります。このような周波数をイルカが選択したならば、目先のものはよく見えますが一寸先は闇といった状態になってしまいます。また、ホイッスルのような低い周波数をエコーロケーションに使用した場合、マグロやカツオのような大きな魚でなければ十分な反射音を得られないでしょう。

ちなみに最近の多くの漁船に搭載されている魚群探知器は50 kHz程度の周波数を用いており、結局人間も魚を音で見ることにおいてはイルカと同じ解答にたどりついでいます。

イルカがエコーロケーションで認知可能な物体までの距離は、ソナ一方程式を解くことで求めることができます。イルカの聴覚特性やクリックスの音源音圧はある程度わかっていますし、音波の拡散や吸収に伴う音圧の減少割合や様々な物体の音波反射率もすでに測定されています。イルカが発したクリックスが物体からはね戻ってきたときの音圧やエネルギー密度はこれらの値を用いて計算することができます。これをイルカの聴覚特性と比較することにより、イルカが反射音を聞くことが出来るかどうかがわかります。同様な方法を用いて、例えば個体識別信号としてのホイッスルが他の個体に到達し得るか否かも推測可能な問題です。

しかしその鳴音に含まれる情報が、餌の探索や群れの移動などにおいて実際の海洋中でどのように利用されているのかは、まだあまり明らかにされていません。

イルカの音響行動に関しては、工学的に言えばそのスピーカーとマイクロホンの性能がわかつただけで、行動学的な意味付けはこれからといつてもいいでしょう。なお、ここで紹介したイルカの鳴音の発生機構に関してはAmundin (1991)、聴覚特性とエコーロケーション能力に関してはAu (1993)などが参考になります。

### ●エコーロケーションの使用戦略

海中には様々な雑音が存在しています。波の碎ける音、テッポウエビやフジツボなどが発するパルス性の高周波雑音、船舶のエンジン騒音やスクリューから生じる泡のはじ

ける音などです。変化の多い海中雑音に対して十分な大きさの反射音を得ることができるように、イルカはエコーロケーションに用いているクリックスの音響特性を変化させることができます。

例えばシロイルカのクリックスの中心周波数は、静かなカリフォルニアのサンディエゴ湾では $50\text{ kHz}$ 程度のものが多く、背景雑音レベルの大きいハワイのカネオヘ湾では $100\sim110\text{ kHz}$ が多いことが示されています(Au et al. 1985)。イルカは雑音との混信を避けるため、エコーロケーション信号の周波数を変えているようです。

探索した物体が餌であった場合、イルカはエコーロケーションを行いながら近づいていきます。このとき、イルカは自分の発したクリックス同士の混信を防ぐため、物体までの距離を正確に認知しながらクリックスの発射間隔を調整していることが知られています。ちょうどキャッチボールのように相手の球を受けてからそれを投げ返すように、イルカはあるクリック（クリックスを構成する個々のパルス音）の物体からの反射波を受けてから次のクリックを発します。こうして、目標としている物体に近づくにつれ連続的に発せられたクリックスのパルス間隔は徐々に小さくなり、グーイッといった上上がり調子の鳴音に聴こえるのです。別の言い方をすれば、クリックスのパルス間隔は物体までの音波の往復時間より長くなるよう調節されています。

イルカはエコーロケーションを常日頃から使用しているわけではないこともわかつてきました。イルカのクリックスは周波数が高く指向性が鋭いので、連続観察を行うことが非常に難しいと言われています。筆者らはイルカに直接水中マイクロホンを装着し、クリックスの発生時刻を計測できるテレメトリー・システムを開発して（図3）エコーロケーションの使用頻度を連続観察することに成功しました(Akamatsu et al. 1994)。この装置で計測したネズミイルカのエコーロケーション使用頻度の時間変化は図4に示した通りです。ネズミイルカは多いときでは1分間に25回もエコーロケーションを使用しましたが、数分間まったくエコーロケーションを使わない場合



図3 発光式エコーロケーション  
信号検出器（クリックライト）を  
取り付けたネズミイルカ

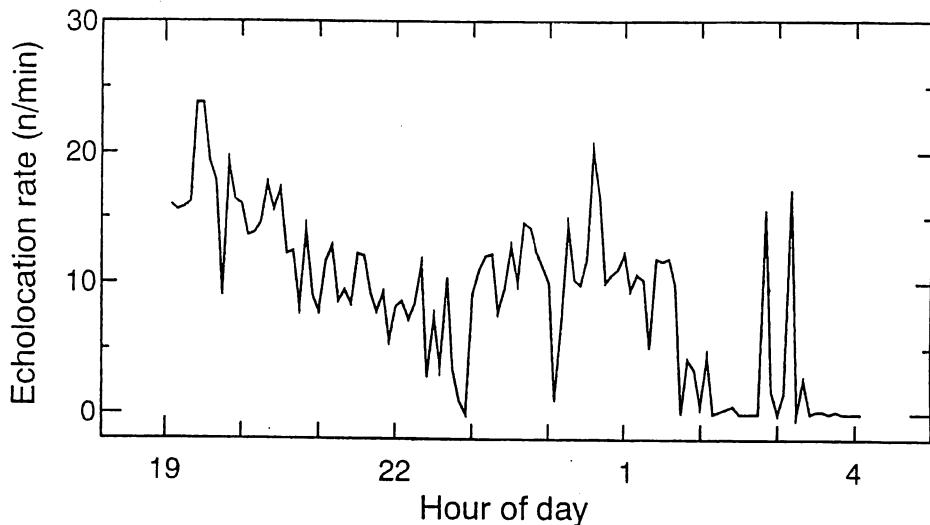


図4 ネズミイルカのエコーロケーション使用頻度の変化

もあることがわかりました。

イルカのエコーロケーション使用頻度の変化は複雑で、魚群探知器のように一定間隔で超音波パルスを発生しているわけではありません。同様の実験をバンドウイルカでも行いましたが、エコーロケーション使用頻度はやはり一定ではなく、ネズミイルカと似た結果が得られています。

1992年頃、公海上で操業される長さ15kmもの大規模流し網にイルカが絡まり捕獲されてしまうことが問題になりました。流し網とは、ナイロンの細い糸で編んだ力スミ網のようなもので、海の中では非常に見えにくい漁具です。これを夜間に海上に流しておくとサケやイカなどが絡まって漁獲できるわけです。しかし網の目より大きなものであれば、流し網はイルカ、海鳥、海亀、サメなども捕獲してしまいます。

イルカの音響的な認知能力を調査し、流し網への混獲頭数の減少のための技術開発を行うことが筆者の飯の種でした。結果的には混獲の機構を説明する一つの仮説として、イルカのエコーロケーション使用頻度が漁具の認知においては不十分なため、流し網に絡まる可能性が高いことを指摘するに留りました。

イルカは海の生態系の最上位にいる種類であり、まわりにそれほど神経をとがらせて食われることにおびえる必要はありません。イルカは魚の遊泳に伴う振動音などを聴きつけてからエコーロケーションを使用すれば、日常生活上は十分なのではないでしょうか。

しかし、ここ数十年世界中の海で使用され始めた大規模かつ効率的な漁具、例えばト

ロール網、旋網、流し網などにおいては、現在のイルカの自発的なエコーロケーションの使用頻度では、その認知や回避にあまり多くを期待できないと考えられます。

### ●イルカを音で追い払う

裏山のカモシカが人里におりてきて畑を荒らしたり、飛行機のジェットエンジンの吸気口に鳥が入って目詰まりを起こしたり、果てはスペースシャトルの保護材にキツツキが穴をあけ打ち上げが延期になったりと、野生動物は人間の来てほしくないところにやってきて被害をもたらすことがあります。もちろん動物が悪いわけではなく、人間が生態系の需給バランスを崩したり、あらぬものをこしらえてしまったりすることが問題なのですが、人間はその対策に頭を痛め、目玉の模様を書いたり、笛を鳴らしたりとささやかな抵抗を試みています。

我々はイルカの流し網への混獲防止対策として、音波による行動制御も試みました(Hatakeyama et al. 1994)。魚はイルカと違ってせいぜい数  $k\text{ Hz}$  までの高さの周波数しか聴くことができません。超音波のような高い周波数は全く検知できないのです。このため超音波を用いれば、魚の行動ひいては漁獲に影響を与えることなくイルカだけを追い払えるのではないかと考えたのです。

イルカに聴こえるような周波数の高い超音波は、共振タイプの発振素子を用いることによって比較的容易に発生することができます。初期の実験では、この超音波音源から数十m以内にイルカがいれば、水しぶきをあげて逃げさせることが可能であることが明らかになりました。しかし実験を重ねるにつれ、威嚇できる範囲は狭く、音の送信を何度も繰り返すとすぐに馴れてしまうこともわかつてきました。イルカのように学習能力の高い生物は「おおかみ少年効果」がすぐに現れてくるため、30回程度同じような音波を繰り返して聴かせるとかなり大きな音にも反応しなくなりました(Akamatsu et al. 1993)。ましてや流し網というのは長さが15kmもあり、その全てを大きな音圧の超音波でカバーするためには、多数の音波発生器を取り付けるしか手がありません。このような手法は原理的には可能でも経済的には割に合いません。

この、音で生物の行動をコントロールするという方法は人間の勝手な期待が多分に込められており、現実的な対応としては生態系の保全と海洋生物資源の適切な管理がまず第一に重要であることは言うまでもありません。

北海道沿岸で底刺し網を荒し回っているトドは、鉄砲をもったハンターが乗っている船をあっという間に見分けて逃げてしまうそうです。イルカウォッチングが盛んになり

イルカの生息海域に入間が入り込むようになると、来遊するイルカの数が減るという話も聞きます。ちいさな、ほんのかすかな信号でも生物は自分の生存を脅かすものには敏感で、その信号による反応行動の変化のスピードは環境変動に対する遺伝子の変化のスピードをはるかに上回っています。

漁具のイルカに対する淘汰圧を逆に利用し、すべての漁具に特定の超音波音響標識を取り付けることで、その音響信号を選択的に回避するイルカが生き残るように仕向けることなどは夢物語でしょうか、あるいは許されるのでしょうか・・・。

与えられた紙幅と筆者の能力が限られているため、本稿ではイルカの音響行動に関する話題の一部しか提供できませんでした。しかし現在イルカの音響行動に関しては、ある部分では数理的なモデルを用いたアプローチが可能な段階に入ってきたと感じています。生きたイルカを用いて、モデルに裏打ちされたストーリーを念頭においていた実験を行い、データを収集し、イルカ（もっと広く言えば水生生物）が生きていく上で情報の授受における利益不利益について一定の説明を加えることができれば良いなと考えております。一緒に考えてくださる方は大歓迎です。

E-mail:akamatsu@nrife.affrc.go.jp

最後に、拙文を本誌に掲載する機会を与えてくださった九州大学理学部の松田裕之さんに感謝いたします。

### 参考文献

- Akamatsu, T., Hatakeyama, Y., Kojima, T. and Soeda, H. (1994), Echolocation rate of two harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). *Marine Mammal Science*, 10(4), 401-411.
- Akamatsu, T., Hatakeyama, Y. and Takatsu, N. (1993), Effects of pulse sounds on escape behavior of false killer whales. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(8), 1297-1303.
- Amundin M. (1991), Sound production in odontocetes with emphasis on the harbor porpoise *Phocoena phocoena*. Swede publishing AB, Stockholm.
- Au, W.W.L. (1993), The sonar of dolphins. Springer-Verlag, New York, Berlin, London, Tokyo.
- Au W.W.L., Carder D.A., Penner R.H. and Scronce B.L. (1985), Demonstration of adaptation in beluga whale echolocation signals. *J. Acoust. Soc. Am.* 77: 726-730.
- Dawson, S.M. (1991), Clicks and communication: the behavioral and social contexts of hector's dolphin vocalizations. *Ethology* 88: 265-276.
- Hatakeyama, Y., Ishii, K., Akamatsu T., Soeda, H., Shimamura, T. and Kojima T. (1994), A review of studies on attempts to reduce the entanglement of the Dall's porpoise, *Phocoenoides dalli*, in the Japanese salmon gillnet fishery. *Rept. Int. Whal. Commn.* (Special Issue 15), 549-563.

## 「数理物理、数理生物における確率論的研究」に参加して

室蘭工大・工・数理科学共通講座 佐藤一憲

北海道ではもう本格的な冬の到来を予感させる11月の半ばに、確率論の研究会が登別温泉のホテルで行なわれた。参加者は確率論の専門家を中心に、物理学と生物学からの発表者も加えて、30人程度の規模であった。

登別というと北海道屈指の温泉街を想像されるだろうが、少し足を延ばせばいくつかのテーマパークもあり、町を揚げて観光に力を入れているような勢いが感じられる。ホテルの近くでは、地獄谷を散策したり、クマ牧場でクマと遊んだり、日本一という歌い文句の温泉を楽しんだりすることができる。われわれが宿泊したホテルは新しく豪華であり、今度来るときは、研究会ではなくて、ぜひプライベートで来たくなるような所だった。広々とした温泉（もちろん露天風呂あり）、屋内プール、屋内テニス場、バー、カフェ、レストラン、宴会場、と実に充実した設備を備えていた。朝晩の食事は、豊富な種類を選べるバイキングだったので、日頃満足な食事をしていない（特に独身の）人にとっては、この5日間で何キロか太ってしまったことだろう。

研究会はホテルの会議室を借りきって行なわれた。数学の研究会では黒板を使って説明するというスタイルを取る人が多く、OHPやスライドに慣れている者にとっては、逆に新鮮な感じもある。ランダムウォークや拡散過程を扱った話が多く、考える空間はフラクタル上・ $Z^d$ 上・ $R^d$ 上とバラエティに富んでいた。数理生物学に関連した話題として以下のようなものが提供された：Interacting diffusion systemと呼ばれる確率微分方程式（飛び石モデルや分岐過程に使われる）について、対称なランダムウォークが再帰的な場合と非再帰的な場合の定常状態・エルゴード性・有限系と無限系との関係（志賀徳造氏）；生物集団の絶滅に関して人口学的確率性と環境確率性を同時に組み込んだ確率モデル（巖佐庸氏）；バロコロラド島のデータをうまく説明できるようなギャップ拡大の格子モデルと、搅乱の集中の程度によってダイナミクスが大きく異なることを示す格子モデル（久保拓弥氏）；種子繁殖と栄養繁殖をするヤブレガサ個体群についてクラスター・サイズ分布や同一クローン確率などを解析した格子モデル（原田祐子氏）；Fleming-Viotの確率過程による無限コロニーの間での突然変異・移住・ランダムサンプリングの効果を取り入れた系図学（清水昭信氏）。どの分野でも似た傾向はあるのだろうが、独特の専門用語が出てくると門外漢の者にとってお手上げの状態になってしまう場合もあるが、その辺のことを配慮してくださる方もいて、興味をもたせていただけたと思う。

本研究会は、以下のようなプログラムのもと、今野紀雄氏（横浜国大）、濱名裕治氏（九州大）、熊谷隆氏（名古屋大）、種村秀紀氏（千葉大）の世話人の方が司会進行を行なわれた。

=====

## 数理物理、数理生物における確率論的研究

日程：1995年11月13日（月）－11月17日（金）  
場所：登別万世閣

### プログラム

11月13日（月）

17:00 - 18:00 B.M. Hambly 氏(University of Edinburgh)

熊谷 隆氏 (名古屋大多元数理)

Local and global properties of one-parameter families of diffusions on some nested fractals

11月14日 (火)

9:30-10:30 平野克博氏 (東京大数理)

ランダム・ウォークと加法過程の指指数型汎関数の期待値の漸近的性質について

10:45-11:45 河津清氏 (山口大教育)

A diffusion process in random environment

13:30-14:30 樋口保成氏 (神戸大理)

ISING MODEL の混合性について

14:45-15:45 長田博文氏 (東京大数理)

Positivity of self-diffusion constants of interacting diffusions

16:00-17:00 志賀徳造氏 (東工大理)

Some problems concerning the interacting diffusion systems

11月15日 (水)

9:30-10:30 香取眞理氏 (中央大理工)

Stochastic Cellular Automata に関する最近の話題

10:45-11:45 巖佐庸氏 (九州大理)

生物集団の絶滅率に関する数理モデルについて

13:30-14:30 久保拓弥氏 (九州大理)

森林生態学の格子モデル

14:45-15:45 原田祐子氏 (九州大理)

植物個体群の空間構造: 格子モデルによる解析

16:00-17:00 佐藤一憲氏 (室蘭工大工)

伝染病伝播の3状態無限粒子系

11月16日 (木)

9:30-10:30 半田賢司氏 (佐賀大理工)

Stochasticな増大モデルにおける成長界面の解析について

10:45-11:45 本田勝也氏 (信州大理)

確率的拡散方程式への連続化について

13:30-14:30 伊藤秀美氏 (気象研究所)

三上敏夫氏 (北海道大理)

地球の磁場の逆転と脱出問題

14:45-15:45 服部哲弥氏 (宇都宮大工)

pre-Sierpinski Carpet 上の非等方拡散の等方性の回復について

16:00-

Short Communications

盛田健彦氏 (東工大理)

志賀徳造氏 (東工大理)

11月17日 (金)

9:30-10:30 清水昭信氏 (横浜国大工)

Fleming-Viot過程の系図学

10:45-11:45 種村秀紀氏 (千葉大理)

A system of infinitely many mutually reflecting Brownian balls

## 大阪女子大学 学芸学部 基礎理学科

### 数理環境科学研究室

難波 利幸

大阪女子大学と聞いて、この大学が何処にあるかを答えられる方は、関西在住の方でも少ないでしょう。まして、大阪府立の大学だと知っている人は（大阪府民でも？）少ないでしょう。学生時代の約10年を京都・大阪で過ごした私も公募の情報を得るまでその存在を知らなかったのですから。大阪には、大阪女子短期大学など、よく似た名前をもつ私立の大学・高校がいくつかありますが、大阪女子大学は大正13年に創立された女子専門学校を母体とする伝統ある府立の大学です。

大阪女子大学（以下、「女子大」と呼びます）は、大阪市の南隣、堺市にあります。堺が秀吉の頃に商業都市として栄えた都市であることはよく知られていますが、堺の歴史ははるか昔に遡ります。大和朝廷の最盛期に難波に都した仁徳天皇の陵墓と伝えられる世界最大の前方後円墳「伝仁徳天皇陵」は「女子大」の隣にあります。近くには履中陵などもあり、それらをつなぐ形で整備された大仙公園の一画には堺市立博物館、中央図書館が並び、堺市の文教地区となっています。秀吉の頃には南蛮船が停泊していたであろう海岸沿いは、新日鉄堺を代表とする工業地域であり、最近ではセアカゴケグモの生息地として知られるようになりました。しかし、大学周辺は閑静な雰囲気を保ち、大仙公園や御陵の緑とお堀のカモは私たちの心を和ませてくれます。

「女子大」は学芸学部だけの単科大学です。学芸学部と言うと教員養成系の大学を想像される方が多いのですが、国文学科・英文学科・人間関係学科の文科系3学科と基礎理学科・応用数学科の理科系2学科からなる教養学部的な学部、あるいは文学部と理学部をコンパクトに一つの学部にまとめた学部と言った方が実態に近いように思います。学部の1学年定員は180名で、医科系の大学を除くと、4年生大学の中では最小の部類に入るでしょう。基礎理学科には、1学年の学生定員30名に対して、教授7名、助教授3名、講師4名、助手6名の20名の教員が在籍しています。したがって、小人数できめの細かい指導を行っていますので、学生にとっては大変よい大学ではないかと自負しております。もっとも、物理、化学、生物の3分野に数理環境科学と幅広い内容をカバーしていますので、教員は教育にかなり力を注がざるを得ません。学生は、まじめによく勉強する美人（と書くことは女性差別になるかもしれません）が、研究室の学生たちを見ているとつい書きたくなってしまうのですー身近な読者を意識し過ぎたかな？）ばかりですが、面倒見がよすぎるせいか、自分で問題の所在を発見して取り組む積極性には若干欠けるかもしれません。

「女子大」では、1994年4月に大学院に基礎理学専攻が増設され、修士課程だけではありますが、公立女子大学では唯一、全学科に大学院をもつ大学となりました。専攻増設にともない数理環境科学分野が加わったため、私が赴任しました。また、この1995年4月からは、九州大学理学部の巖佐研究室から江副日出夫さんが助手として来てくれました。数理生物学関連の分野で2名以上のスタッフを要する大学は、九州大学や奈良女子大学などに限られていますから、今後は大阪地区における拠点の一つとして責任を果たさなければならないでしょう。

また、科目名として数理環境科学がある大学は全国でも「女子大」だけではないかと思います。主に数理生態学を教えていますが、現在の2年生からは、講義が半期科目3つ、2時間続きの演習が2科目と充実した内容になります。新カリキュラムで育った学生が卒研生・院生としてやって来る頃は、我が研究室も一層充実するものと思います。「女子大」の大学院理学研究科（修士課程）では、2月に第2期の入学試験を行います。将来有望な研究室（!?) ですので、まだ進路が決まらない学生（残念ながら女性に限ります）は是非ご応募ください。氷河期からタイムスリップするチャンスかもしれません。

現在の研究室の陣容は、教員が2名、M2が2名、M1が1名、4回生が2名の計7名です。4月からは4回生の内1名が大学院に進学することになっています。私は、これまで1種または2種の簡単な系で、非線形反応拡散方程式を用いて空間的な密度効果（排除効果）と空間分布の関係を調べたり、周期係数の微分方程式を用いて季節的な環境変動が2種個体群の共存可能性にどう影響するかを調べたりしてきました。最近は、食物連鎖や食物網に興味を持ち、平衡状態にない系で群集構造がどのように決まるかを学生と一緒に研究しています。M2の広末直子のテーマは、肉食性のプランクトンによる稚魚の捕食が魚類の個体群動態に及ぼす影響の解析です。同じくM2の三村真由美は、3栄養段階の食物連鎖で非平衡状態におけるトップダウンとボトムアップの効果を調べています。大阪市大の数学科出身のM1の棚橋三起は熱帯林の樹木の葉の形に興味を持ち、現地調査にも参加しようとしています。4回生の梅本朝子は、パッチ状の環境における2栄養段階の食物網で、パッチの質と共存できる種数の関係を調べようとしてます。江副さんは、京大・九大の時代には、個体の位置を陽に取り入れた生物の群れ形成モデルや季節的環境における昆虫の最適孵化・蛹化戦略などを研究していましたが、最近は植物の種子散布戦略や熱帯林の構造などに興味を持っているようです。4回生の草深友美は、江副さんの指導で格子モデルを使って高木と低木の分布のダイナミクスを調べています。

最近は、学生もできるだけ数理生物学談話会や奈良女子大のG1セミナーなどへ連れていくようにしていますが、これからは他の大学の方々に「女子大」へ来ていただいて交流を深める機会もつくりたいと思っています。たとえ、一度女子大というものを覗いてみたいという不純な動機からであっても歓迎しますので、是非お立ち寄りください。

# 数理生物学京都会議

1996年 6月9日～6月13日, 京都

この国際会議は、数理生物学における最新の成果について、相互に情報と議論を交わす目的で開かれるものです。今回の会議では、集団ダイナミックス、生態系プロセス、進化生態学、パターン形成の研究を焦点として、理論から応用まで幅広い話題に関する発表と討論が期待されます。

## ADVISORY BOARD

寺本 英, 大久保 明, S.A. Levin, 松田博嗣

\*

## 組織委員会

重定南奈子 (chair), V. Capasso, D. DeAngelis  
O. Diekmann, L. Edelstein-Keshet, C. Godfray  
A. Hastings, 三村昌泰, 山村則男, 中島久男  
川崎廣吉, 難波利幸, 巖佐 庸, 嶋田正和  
東 正彦, 松田裕之, 濑野裕美, 高須夫悟

\*

## 共催

数理生物学懇談会

\*

## 後援

日本生態学会, 個体群生態学会  
日本生物物理学会, 日本応用数理学会  
The Society for Mathematical Biology  
The European Society for Mathematical and Theoretical  
Biology

\*

## 予定スケジュール

### 6月9日

(夕方)

#### 参加受付 & レセプション

### 6月10日

(午前)

#### Special Lectures

S.A. Levin, L.A. Segel

(午後)

#### Poster session

### 6月11日

(午前)

#### Session 1: Population Dynamics

O. Diekmann, A. Hastings, A. Okubo, T. Powell他.

(午後)

#### Session 2: Ecosystem Processes

D. DeAngelis, E. Teramoto他.

### 6月12日

(午前)

#### Session 3: Evolutionary Ecology

S. Ellner, S. Frank, C. Godfray, P.D. Taylor他.

(午後)

#### Session 4: Pattern Formation

V. Capasso他.

### 6月13日

#### エクスカーション

(希望者のみ)

\*

## 会場

同志社新島会館 (京都市上京区)

\*

## 発表申し込み締め切り

1996年1月31日

\*

## 参加費

1996.5/10までは一般15,000円／学生7,500円  
同5/11以降(含当日参加) 一般18,000円／学生9,000円  
(外国人参加者の参加費についてはお問い合わせ下さい)

\*

\*

## 申し込み等の詳細問い合わせ先

〒630 奈良市北魚屋西町

奈良女子大学理学部情報科学科

瀬野裕美

KCMB96事務局

PHONE. & FAX. 0742-20-3442/ EMAIL.

seno@ics.nara-wu.ac.jp

## 「数理生物学京都会議'96」開催に向けて

組織委員長 重定南奈子

本年6月9-13日、京都で数理生物学京都会議が数理生物学懇談会共催で開催される運びとなりました。数理生物学懇談会が発足して以来始めての国際会議となります。

これまでに日本で開かれた数理生物学に関する国際会議は1979年に生物物理学国際会議のサテライトミーティングとして「Topics in Mathematical Biology」が、1985年に

「International Symposium on Mathematical Biology」があります。以来11年が経過しておりますが、この間に数理生物学は、進化・生態学、ニューロサイエンス、形態・パターン形成、生理・生体反応などそれぞれの分野でめざましい発展が見られ、研究者層の裾野も大きく広がっております。こうした中で、そろそろ次の国際会議を開いたらどうかという声が挙がっておりました。一方、今年は上記の両国際会議を組織され、また、本数理生物学懇談会を設立されるなど日本の数理生物学の隆盛に力を尽くしてこられた寺本英京都大学名誉教授と、アメリカから日本の数理生物学の発展のために惜しみない援助を差し伸べてこられた、大久保明ニューヨーク州立大学名誉教授が70才を迎えられました。そこで両先生の古希祝賀をかねて今回の会議を開くことになりました。

会議の詳細はサーチュラーに譲ることにして、ここでは大枠について簡単に紹介させていただきます。まず、初日の午前中はSpecial LectureをSimon Levin(Princeton University)とLee Segel(Weizmann Institute)にお願いしております。Levinさんは国際数理生物学会の初代会長をされるなど、この分野の国際的連携に努めてこられました。本会議にもAdvisory Boardの一員として、いろいろと意見や協力をいただいております。今回の講演では寺本、大久保両先生の古希を記念して、両先生の専門分野である生態学、生物拡散の周辺についてお話をされる予定です。一方、Segelさんは国際数理生物学会の機関誌 Bulletin of Mathematical Biology の編集長を長年しておられ、形態形成、生体反応等、多方面で著明な業績を挙げておられます。今回は免疫系のダイナミクスについて話していただく予定です。

一般講演は大きく分けて、進化生態学、集団ダイナミックス、パターン形成、生態系プロセスの4セッションとポスターセッションを予定しています。各セッションはそれぞれのセッションオーガナイザーに、企画から実行まで一任することにしており、それぞれ個性あるアレンジがなされることと期待しております。現在までの準備状況についてこの後に報告していただいているのでご覧ください。

この会議の目的は、数理生物学における最新の成果について相互に情報と議論を交わす事にありますので、そのためにできるだけ多くの参加者に発表の機会を提供すると共に、それをなるべく全員で共有できる場にしたいと考えました。この相矛盾する課題にどう折り合いをつけるか苦しましたが、今回は出席者の間の密接な交流を最優先させて、セッションは基本的に一時に1つづつ流すことに決めました。このため、セッションのテーマ数と口頭発表者の数が制限されることになり、多くの方にポスターで発表していただく事になりますが、どうかこの主旨をくんでご理解いただけよう願っています。しかし、ポスターセッションは、個別的な研究交流に適した重要な場になると考えられますので、初日の午後一番に配置しています。また、残りの時間帯にもそのまま展示してもらい何時でも議論できるよう配慮する予定であります。

以上のように今回の会議で取り上げたテーマの数は限られていますが、これらはあくまでゆるやかな目安として掲げたものに過ぎません。こうした問題に直接・間接に関心のある方はどうか積極的にご参加いただき、会議を実りあるものにしていただければと願っております。

# **Session 1 Population Dynamics**

**organized by 川崎廣吉, O. Diekmann & A. Hastings**

このセッションでは、個体群の数理モデルを中心に、1種系、2種系、さらには多種系の population dynamics の問題、それらの時間的変化や安定性の問題、また、空間分布やその広がりの問題等、また、これらの数理モデルで出てくる数学的问题点についての幅広い研究発表を期待しています。

すでに、次の方の発表は決定しています。

O. Diekmann (Utrecht University, The Netherlands): Why and how to avoid differential equations when modelling structured populations.

A. Hastings (UC Davis, USA): (演題未定)

交渉中の講演者は

T. Powell (UC Davis, USA)

R. Nisbet (UC Santa Barbara, USA)

H. Caswell (WHOI, USA)

の3名であり、多分、引き受けていただけるものと思われます。

残りの講演者につきましては、1月末の登録締め切り後に、国内外のsubmitted paper より選ぶ予定です。多くの方の参加を期待します。（文責 川崎）

# **Session 2 Evolutionary Ecology**

**organized by 巖佐 廣, C. Godfray**

典型的な進化生態学理論といえば、最適化やゲームによって動物行動学の現象を定量的に説明するというものであろうが、1980年代に、植物の生長や性表現に、生活史進化などへと扱う対象が拡張されていることはいうまでもない。

このセッションには、生命の起源に関するハイパーサイクル、HIVウイルスと免疫系の間の共進化から、人類の文化進化にいたるまで、適応進化に關係した話題は、分子進化も含めてすべて関わっている。たとえば次のような話題は入るといつてよい：文化進化、托卵・仮親、宿主・寄生者、生命の起源、社会性昆虫、植物・化学生防衛、フェノロジー・葉の寿命、ゲノミックインプリントィング、性淘汰など。

今までのところ、外国人で来日しこのセッションで話をすることが確定しているのは以下の5人である（日本人の講演者は未定）。

- Charles Godfray (Imperial College at Silwood Park, UK) undecided.

寄生蜂の性比や産卵数に関する多数の論文と総説の本が（Princeton University Press）から出されているし、最近はシグナリングの進化による親子のコンフリクト解消にかなりよい仕事をしている。Natureに多数の原著および解説論文を書いている人。

- Steve Frank (University of California at Irvine, USA) "Models of symbiosis".

ハミルトンの弟子で、細胞質遺伝子と核遺伝子の利害対立に注目した進化モデルを扱ってきた。血縁度の定義とハミルトン則の関係、性比の操作などのすぐれた論文がある。

- Steve Ellner (North Carolina State University, ) undecided.

もとは、植物の種子休眠率と分散率の進化、変動環境での種の共存などをとりあつかってきた。変動環境下での進化についてディスクリートネス定理と呼ばれる進化的一般則（進化安定に共存するタイプは必ず離散的になる）を証明したのが最近の大ヒット（佐々木顕博士と共に著）。時系列がカオスかどうかを判定するのにニューラルネットを用いて応答局面推定をするという方法も注目を集めている。

- Peter Taylor (Queens University, Canada) "Dynamics in ESS and quantitative genetics models".

進化生態学理論の重鎮といってよい。昔から寄生蜂や社会性昆虫の性比、協力行動の進化、生活史の進化など、非常に公範囲の話題について理論的解析の論文を書いている。

- Peter Abrams (University of Maryland, Zoology) "Coevolution of species in variable environments".

共進化によって形成される捕食者／被食者関係を徹底的に追究してきた群集構造の第1人者。松田裕之・原田泰志両博士との共著の仕事も多い。

いずれも多数の国際誌の編集委員をしているトップクラスの研究者であるが、Peter Taylorを除いては30代中頃から40歳前後の人ばかり。まさに進化生態学理論分野の現在活躍中のスターがそろうことになる。かなりの充実したセッションになると期待してよいだろう。

講演となると数は限られるが、ポスター発表は受け付けられるので、日本人のことに若手の研究者には、ぜひとも今回の機会を逃さず研究発表をしてこれら進化生態学のトップ研究者に話を聞いてもらい交流のきっかけを作るよう努めてほしい。（文責 岩佐）

# Session 3 Ecosystem Processes

organized by 東 正彦, D.L. DeAngelis

生態系プロセスに関する数理モデルを用いた理論的研究の「現在」について一つの展望を与えるようなセッションにしたいと思う。ここ10年程前から、個体群生態学と生態系生態学の統合による新たな展開が、この領域における大きな潮流を形成しつつある。

生態系プロセスを形作るエネルギーと物質の循環動態、またその一部である食物網の実態の理解は、近年、安定同位体による解明など実験的研究の進展があり、物理的空間構造を含めその様相を一変しつつある。また、栄養段階間や栄養ニッチェ間の相互作用に基づく動的モデル、ストイキオメトリー（C-Nバランス）など新しい概念に基づく理論モデルによって、生態系の安定性と発達機構に関する理論的研究が展開されつつある。一方、例えば森林の樹木の多種共存など、（同じ栄養段階にある等からの理由で）よく似た生活要求をもつ生物種の間の共存の仕組みを個体群動態・種間相互作用から明らかにしようとする研究も、空間構造の効果の研究など新たな展開も加わり、大きく進展してきた。これらの両方を合わせて概観すると、生態系プロセスの構造と動態を多様な生物の個体群動態・相互作用に基づいて解き明かそう、という大きな流れが現れる。

このセッションでは、生態系プロセスをめぐる研究のこうした流れに焦点を当ててみたい。発表論文はまだ確定していないが、現在までのところ（海外からの講演者を先に決める必要があり）以下のような発表が予定されている（ただし、予定なので変更の可能性あり）。さらに、（とくに国内からの）いくつかの発表が加わる予定。

1. 寺本 英／東正彦（生態系サイクリングと食物連鎖の発達）
2. D.L. DeAngelis（生態系サイクリングと食物網の安定性）
3. Michel Loreau（生態系動態と間接効果）
4. Joel Cohen（食物網の構造と安定性）
5. Andrew Solow（食物網構造の統計理論）
6. Chris Cosner（非一様生息環境における捕食と競争プロセス）

寺本 英／東正彦とD.L. DeAngelisはともに「生態系サイクリングと食物網」の相互関係について話すが、前者は発達過程を後者は安定性を主に扱う点でコントラストがある。Michel Loreauは「間接効果」というひとつの側面から生態系の動態構造を見る。「食物網理論」の第一人者Joel Cohenはその最近の成果を、Andrew SolowはCohenの理論モデルからの予測に統計的検定（maximum likelihood）を適用した結果などを話す予定。Chris Cosnerは近年注目される空間の効果（とくに生息環境の非一様）を取り上げる。全体として、生態

系の全体構造からその部分プロセスへと詳細化していく順に並べてみたが、「生態系プロセスと多様な生物の相互作用の間の関係」というテーマをどの発表も共有することが期待されている。

多くの人の来聴とホットな議論の盛り上がりを期待したい。（文責 東）

## Session 4 Pattern Formation

organized by 三村昌泰, V. Capasso & L. Edelstein-Keshet

生物学に現われる時・空間パターンはそれが持つ不思議さと同時に多様性にある。この機構解明の歴史は非常に古いが、理論的理解はまだ十分とは言えない。しかしながら、最近、実験・観察の精密化、それに応じたモデルの導出そしてそれを解析する数学的手法の発展およびそれを相補する計算機シミュレーションそして画像処理等などの統合的な研究が進められることによって新しい発展がある。本セッションはこのような方向から Biological pattern formation という視点から

- (1) Pattern formation in microbiology
- (2) Pattern formation in medicine
- (3) Morphogenesis
- (4) Nonequilibrium dynamics in living systems
- (5) Population dynamics with spatial structure

等に焦点を当てたセッションにしたい。招待講演者についてはまだtentativeであるが、国外、国内からそれぞれ4名ほど予定している。（文責 三村）

# ALIFE-V（第5回人工生命国際ワークショップ）のお知らせ\*

## Artificial Life V

An Interdisciplinary Workshop on  
the Synthesis and Simulation of Living Systems

organized by:  
Christopher Langton

May 16-18, 1996  
Nara-Ken New Public Hall,  
Nara, near Kyoto, Japan

We are pleased to announce ALifeV, the fifth international conference on the synthesis and simulation of living systems, to be held in Nara Japan, near Kyoto.

ALifeV will mark a decade since Chris Langton decided to organize the first workshop on Artificial Life. Thus, AlifeV will be a good opportunity to reflect on the first decade of Artificial Life as a field and to consider where it may go in the the near and long-term future.

The first decade has been characterized by a great deal of exploration of the possibilities inherent in the synthesis and simulation of life, and by the development of new technological approaches. Although we should never stop exploring new possibilities and techniques, we must also refine the methods and approaches we have discovered so far into viable, practical tools for the pursuit of science and engineering goals.

It is also important that Artificial Life researchers continue to expand their efforts to seek out collaborative relationships with practicing biologists in order to address real biological problems. Despite all of the successes in computer engineering,

---

\* 人工生命研究会のmailing listの記事を要約して転載しています。  
原文はfj.meetingsやfj.aiなどで読むことができます。

adaptive computation, bottom-up AI, and robotics, Artificial Life must not become simply a one-way bridge, borrowing biological principles to enhance our engineering efforts in the construction of life-as-it-could-be. We must ensure that we give back to biology in kind, by developing tools and methods that will be of real value in the effort to understand life-as-it-is.

Finally, it is important that we continue to examine our near-term engineering goals in light of the larger issues surrounding the future of life on this planet. It is now clear that we are responsible for the nature of "Nature" here on Earth. It is time to start taking that responsibility seriously by vastly increasing the horizon of time in which we think about our scientific, engineering, and social goals, from years and decades to centuries and millenia.

AlifeV will take a retrospective and prospective look at the field of Artificial Life. Besides the usual presentations of the latest work in the field, we will have special presentations and workshops reviewing the past and present, and previewing the future, of both Artificial and Natural life.

#### **\*\* Information \*\***

For up-to-date information and announcements, refer to ``Events supported by ATR'' under the home page for ATR on the World Wide Web (<http://www.atr.co.jp/>).

IEEE International Conference on Evolutionary Computation (ICEC'96) will be scheduled for May 20-22, Nagoya University, Japan, in conjunction with Artificial Life V. For information on ICEC'96, please contact Prof. Fukuda,  
[fukuda@mein.nagoya-u.ac.jp](mailto:fukuda@mein.nagoya-u.ac.jp) .

**SOFT COMPUTING国際ワークショップ（室蘭）のお知らせ**  
(CALL FOR PAPERS / First Announcementの要約)

**INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOFT COMPUTING IN INDUSTRY '96**

April 27(Sat.) and 28(Sun.), 1996  
Muroran Institute of Technology  
Muroran, Hokkaido, JAPAN

Sponsored by  
The Institute of Electrical Engineers of Japan  
Muroran Institute of Technology

Technically Co-Sponsored by

IEEE Industrial Electronics Society  
IEEE Neural Network Council  
IEEE Robotics and Automation Society  
International Fuzzy Systems Association  
Japan Society for Fuzzy Theory and Systems  
North America Fuzzy Information Processing Society  
Society of Instrument and Control Engineers  
Robotics Society of Japan  
Information Processing Society of Japan  
The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers

Scope:

The International Workshop on Soft Computing in Industry, IWSCI'96, will be held in Muroran on the 27 and 28 of April 1996. The workshop will provide a forum for industrial engineers and academic researchers to exchange up-to-date technical knowledge and experience. Furthermore, industrial applications of soft computing will be expedited by the workshop. The workshop will focus on a broad spectrum of research topics related to soft computing and its industrial applications. In addition to the technical sessions, there will be plenary and invited sessions.

Papers describing original work in, but not limited to, the following research areas are invited:

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| *Soft Computing and Industrial Applications | *Fuzzy Logic             |
| *Probability Theory                         | *Neural Networks         |
| *Fractal Computing                          | *Evolutional Computation |
| *Immune Networks                            | *Chaos                   |
| *Others                                     |                          |

Submission Procedures:

Abstract should be written in English limited to 500 words (double-space and if necessary with one or two figures). Send the abstract and a cover sheet stating the (1) paper title, (2) contact author's

name, (3) affiliation, (4) address, (5) telephone number, (6) Fax number, and (7) electronic mail address to:

Takeshi Furuhashi  
Dept. of Information Electronics,  
Nagoya University  
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-01, JAPAN  
Phone:+81-52-789-2792, Fax:+81-52-789-3166  
E-mail:furuhashi@nuee.nagoya-u.ac.jp  
(E-mail is recommended, if available.)

Authors of accepted papers are required to submit a camera-ready 6 page manuscript typed according to a specified format for the workshop proceedings.

Schedule:

Submission of Abstract of Papers: Dec. 15, 1995

Acceptance Notification: Jan. 15, 1996

Final Manuscript: Mar 15, 1996.

Venue:

The workshop will be held at Muroran Institute of Technology, Muroran, Hokkaido, JAPAN.

(Information about Muroran Institute of Technology is available through WWW home page:

<http://www.muroran-it.ac.jp/>)

Plenary and Invited Lectures:

Lotfi A. Zadeh (University of California, Berkeley) "Soft Computing--Methodologies for the Conception, Design, and Deployment of Intelligent Systems."

Kazuyuki Aihara (University of Tokyo) "Chaotic Dynamics and Neural Computation."

Registration Fee (Japanese Yen)

Regular fee : 10,000 yen

Student fee : 5,000 yen

Further Information and Inquirers:

For further information and inquirers regarding papers, registration, accommodation and others, please make contact through the following E-mail address: [iwsci96@elec.muroran-it.ac.jp](mailto:iwsci96@elec.muroran-it.ac.jp)

Yukinori Suzuki  
Dept. of Computer Science & Systems Engineering,  
Muroran Institute of Technology  
27-1 Mizumoto, Muroran, Hokkaido 050, JAPAN  
Phone:+81-143-47-3368  
Fax:+81-143-47-3374  
E-mail: [iwsci96@elec.muroran-it.ac.jp](mailto:iwsci96@elec.muroran-it.ac.jp)

# 東京大学海洋研究所・資源解析部門助教授公募

このたび、東京大学海洋研究所では下記の要領で教官を公募します。

つきましては、関係各位にお知らせいただくとともに、適任者の応募について、よろしくお取り計らいくださいますようお願いします。

## 1. 採用人員 東京大学海洋研究所 資源解析部門 助教授 1名

### 2. 資源解析部門の研究内容

本研究部門は、生物資源の数量変動法則を明らかにし、漁獲の資源に与える影響を知り、資源の動向を予測し、合理的利用方法を開発することを目的としています。本部門は現在、漁獲統計による水産資源の数理解析、資源評価や管理手法の理論的研究、海洋生物の個体群動態に関する研究、栽培漁業の放流効果に関する研究などを行っております。本公募では、数理生態や統計数理などの広い分野の研究者を対象とし、斬新な手法で海洋生物資源に焦点をあてた数理科学的研究課題に意欲的に取り組む方を希望します。また本学の大学院農学生命科学研究科水圏生物科学専攻の教官として大学院教育にも携わっていただきます。

### 3. 提出書類

#### 1) 履歴書

2) 研究業績目録（原著論文、総説、その他）

3) 主要論文5篇の別刷（またはコピー）各1部

4) これまで行ってきた研究の概要と今後の研究に対する抱負（1200字程度）

5) 推薦書1通または応募者について参考意見を述べることのできる人の氏名  
および連絡先（2名）

### 4. 公募期限

平成8年2月15日（木）必着

### 5. 提出書類送付先（簡易書留で送付のこと）

〒164 東京都中野区南台1-15-1

東京大学海洋研究所

所長 平野 哲也

### 6. 資源解析部門の職員構成

教 授 松宮 義晴

問い合わせ先：松宮 義晴

助教授 （本公募）

TEL：03-5351-6493

助 手 立川 賢一

FAX：03-5351-6492

技術官 森山 彰久

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

## 進化生態学酒話会（1995年）

1/21 52回

「集団の時空間的構造と寄主・補食寄生者系のダイナミックス」  
津田みどり（東大・教養・生物）

2/4 53回

「Morphology and molecules: reciprocal illumination of neogastropod phylogeny」  
M.G. Harasewych (Nat. Museum of Nat. History, Smithsonian Inst.)

3/10 54回

「散布前種子食害昆虫およびポリネーターがアザミの繁殖成功に及ぼす影響」  
大橋一晴（東大・教養・生物）

4/22 55回

「ウイルス感染がヒヨドリバナの適応度に及ぼす影響」  
舟山幸子（筑波大・生物科学）

6/10 56回

「シャープマメゾウムシの休眠戦略と生活史形質に見られる季節的表現型可塑性」  
石原道博（東大・広域システム・生物科学）

7/22 57回

「個体サイズ追跡による群落内のシロザ個体のサイズ決定機構の解明」  
長嶋寿江（筑波大・生物科学）

10/21 58回

「文化の伝達様式と進化的帰結：数理模型による解析」  
高橋亮（東大・理・生物）

12/16 59回

「訪花昆虫を介した植物間の相互作用がアサガオの花色多型に及ぼす影響」  
巖圭介（農環研・昆虫管理・個体群動態）

問い合わせ先：  
酒井聰樹  
東北大学大学院理学研究科生物学教室  
tel. 022-217-6697 (直通)  
e-mail: i22986@cctu.cc.tohoku.ac.jp

# 数理生物談話会

第13回：1995年4月15日(土)

竹中靖人（龍谷大・理工）

「植物の競争の隣接効果についての格子モデル」

関村利朗（中部大学）

「草本植物の葉が受ける日照量と葉序の多様性について」

第14回：1995年6月17日(土)

江副日出夫（大阪女子大・基礎理学）

「季節的環境下での昆虫の生活史の数理モデル」

川崎廣吉（同志社大・工）高須夫悟（奈良女子大・理）

大澤範子（奈良女子大・理）重定南奈子（奈良女子大・理）

「生物分布域拡大の速度 —セル・オートマトンのモデルより—」

第15回：1995年7月1日(土) 10:30~

中島久男（立命館大・理工）

「環境変化の影響をどこまで減少させることができるか

—Sensitivity Analysisの観点からの考察」

BKC施設見学会

石井一成（名古屋大・情文）

「変動環境を含む集団遺伝学の厳密な結果」

松田博嗣（九州大・名誉教授）

「集団遺伝学の荷重理論と種の存続」

第16回：1995年9月9日(土)

高須夫悟（奈良女子大・理）

「托卵におけるパラサイトの繁殖戦略とホストの対抗手段の進化について

—Specialist系とGeneralist系の違い」

三村昌泰（東京大・大学院・数理科学）

「競合個体群のモデリングについて」

第17回：1995年10月21日(土)

前田卓哉（立命館大・理工・物理）

「ヒラハコケムシの群体パターン形成の数理解析」

蔵 琢也（京都大・理・動物）

「相続される“状態”における適応度の概念の拡張とそのニホンザル等への応用」

第18回：1995年12月16日(土)

平田久也（広島大・大学院・理学）

「Dynamics of Population Scrambling for Limited Number of Available Territory Sites

（有限個の縄張りを奪い合う個体群のダイナミクス）」

原田泰志（三重大・生物資源）

「水産資源管理に関する数理的研究」

連絡先： 立命館大学 理工学部 物理学教室

中島久男 FAX 0775-61-2657/TEL 0775-61-2714

E-mail : nakajima@bkc.ritsumei.ac.jp

# 大域情報セミナー



---

#5 1995年 4月 27日 木曜日 1:30pm ~ 3:30pm

丸山淳司

広島大学大学院理学研究科修士課程

種内托卵の存在に関する数理的考察

平田久也

広島大学大学院理学研究科修士課程

ハーレムオス個体群へのスニーカーの侵入に関する数理的考察

---

#6 1995年 6月 1日 木曜日 1:30pm ~ 3:30pm

井上淳子

奈良女子大学理学部 [学振特別研究員]

神経細胞の不規則な発火活動に関する拡散過程モデル

河内健治

広島大学大学院理学研究科修士課程

最適餌選択理論の動的視点からの考察

---

#SP 1995年 6月 20日 火曜日 10:00am ~ 11:00am

M. Brooke

Department of Zoology

University of Cambridge

Interactions between British cuckoos and their hosts

---

#7 1995年 7月 6日 木曜日 3:30pm ~ 4:45pm

下原勝憲

A T R 人間情報通信研究所

進化システム研究室

生命論パラダイムに基づく情報処理

～進化システムとしての人工脳を目指して～

---

#8 1995年 7月 17日 月曜日 3:30pm ~ 5:00pm

高田壯則

北海道東海大学国際文化学部

繁殖遅延の必要条件

---

---

#9 1995年 7月 25日 火曜日 3:30pm ~ 5:00pm

---

望月敦史

九州大学大学院理学研究科

なぜ、インプリンティングされる遺伝子はこれほどに少ないので?

The Evolution of Genomic Imprinting

原口佳大

九州大学大学院理学研究科

宿主-寄生者における突然変異率の共進化

Host-Parasite Arms Race in Mutation Modifications: Indefinite Escalation Despite of Heavy Load?

---

#10 1995年 9月 14日 木曜日 1:30pm ~ 3:30pm

---

梅田民樹

神戸商船大学

リポソームの形態変化の理論的解析

---

#11 1995年 10月 19日 木曜日 1:30pm ~ 3:30pm

---

土居伸二(大阪大) 井上淳子(奈良女子大) 佐藤俊輔(大阪大)

雑音環境下でのvan der Pol振動子の位相同期現象について  
-生物リズム現象のモデルとして-

---

#12 1995年 11月 17日 金曜日 3:00pm ~ 4:30pm

---

Dr. Mark Rees

Dept. Ecol., Imperial College at Silwood Park, UK

Community Dynamics in Dune Annuals: Models Meet Data

---

#14 1995年 12月 1日 金曜日 3:00pm ~ 4:30pm

---

Dr. Andrea Di Liddo

Institute of Applied Mathematics, National Research Council (CNR), Bari, Italy

A Class of Epidemic Models with Spatial Structure

---

#13 1995年 12月 15日 金曜日 1:30pm ~ 3:30pm

---

本多久夫

新技術事業団・吉里再生機構プロジェクト

樹木の分岐モデル

---

# N<sup>2</sup>Aセミナー講演録（1995年4月—12月）

すでにお知らせしていますが、N<sup>2</sup>Aセミナー（Numerical and Nonlinear Analysis）は昨年度から広島大学数学教室で行っております。“現代の万能ツール”と言われる“計算機と数学”を用いて諸々の自然現象を数理的に解明することを目標にしています。もちろん数理生物の話題も歓迎ですでの是非ご参加ください。

NNAセミナー事務局代表  
広島大学理学部 田端正久 (0824-24-7346)

第23回：（平成7年度第1回）中木 達幸 氏（広島大学理学部数学教室）4／19

題目：石油問題に現れる平面波解の挙動について

要旨：多孔質媒体中を流れる2流体の挙動を記述する方程式を2次元矩形領域で考察し、数值実験を交えながら、その解析を試みる。

第24回：小川知之氏（広島大学理学部数学科）4／26

題目：Pulse Interactions in nearly-integrable system

要旨：Stability and bifurcation for a travelling wave solutions to a nearly-integrable system will be studied via pulse interaction analysis.

第25回：平良 和昭 氏（広島大学理学部数学教室）5／10

題目：非線型楕円型境界値問題の解の分岐理論

要旨：Dirichlet条件およびNeumann条件を含む一般の境界条件の下で、非線型項によってどのように解の分岐が変化するかについて考察する。

第26回：細田陽介 氏（広島市立大学情報科学部情報数理学科）5／17

題目：直接法による悪条件線形方程式の解法

第27回：辻川 亨 氏（広島電機大学）5／24

題目：Singular Limit Analysis of Equilibrium Solutions to a Chemotaxis Model Equation

要旨：We consider the stability of localized equilibrium solutions of a Chemotaxis model equation with growth. To do it, we use the limiting equation (Interface equation) which approximately describes the motion of the interface of the solution. Here the interface biologically indicates the boundary of the aggregating region of individuals.

第28回：大原一孝 氏（岡山理科大学工学部）6／7

題目：非局所移流項をもつ反応拡散方程式の定常解の存在について

第29回：大江貴司氏（岡山理科大学情報処理センター）6／14

題目：部分境界データを用いた対数ボテンシャル逆問題の解法について

要旨：点ソースモデルに対する対数ボテンシャル逆問題に対し、対数ボテンシャルに関するデータが部分境界上でしか得られない場合の解法について考察する。特に窓フーリエ変換を用いた手法について、いくつかの解法を比較する。

第30回：遠藤 秀治 氏（福岡教育大技術科）6／21

題目：神経回路による低周波生物リズムの発現機構モデル

要旨：A model of mutually coupled neural oscillators for generating low-frequency biological rhythms will be proposed.

### 第31回：伊藤一男氏（九州大学数理学研究科）6／28

題目：多次元粘性的保存則の解の希薄波への収束の速さについて

要旨：多次元粘性的保存則の解の時刻無限大における漸近挙動（＝希薄波への収束）についての考察を述べる。特にこの解の希薄波への収束の速さが具体的に与えられる。

### 第32回：池田勉氏（龍谷大学理工学部）池田榮雄氏（富山大学・理学部）9／1

題目：Global bifurcation diagram of traveling fronts and pulses in the singular limit system for some reaction-diffusion equations

要旨：双安定反応拡散系においては、あるパラメータに依存してフロント（バック）状進行波解、パルス状進行波解およびパルス状定常解が多重に現れることが知られているが、これらの相互関係に関しては部分的な結果が得られはじめた段階である。この講演では、区分的に線形な反応項を持つ双安定反応拡散系の特異極限系をプロトタイプとして扱い、上記の進行波解および定常解の大域的な分岐構造を示す。さらに、脈動する進行波解の発生源についても言及したい。

### 第33回：板倉和宏氏 田端正久氏（広島大学理学部）10／13

題目：An error analysis of streaklines as curves

要旨：A streakline is a visible curve consisting of fluid particles which emerged continuously from a fixed point in a given velocity field. It can be parameterized by the emerging time of fluid particle. We present numerical methods for streaklines and show error estimates for streaklines as curves.

### 第34回：桑村雅隆氏（和歌山大学システム工学部）10／20

題目：Swift-Hohenberg 方程式と位相拡散方程式について

要旨：ある現象論的なモデル方程式に基づいて対流ロールのEckhauss不安定性とzig-zag不安定性を決めるcriterionを与える。

### 第35回：奈良重俊氏（広島大学総合科学部）11／17

題目：Towards Complex Function using Complex Dynamics in a Recurrent Neural Network Model

### 第36回：熊谷隆氏（名古屋大学多元数理）11／24

題目：フラクタル上のBrown運動とその解析

要旨：Sierpinski gasketを含むnested fractalと呼ばれるフラクタルにおいて、その上のBrown運動に対応する自己共役作用素の固有値の漸近挙動、熱核の評価などについての結果を紹介する。

### 第37回：倉田 和浩 氏（東京都立大学理学部数学科）12／8

題目：Frequency and Nodal sets of Elliptic Partial Differential Equations of second order

### 第38回：大森 克史 氏（富山大学教育学部）12／15

題目：二層流体問題の有限要素解析

要旨：密度の異なる二つの非圧縮粘性流体問題に対する有限要素スキームを考察する。数理モデルとしてはブジネスク近似を採用し、また二流体の界面を密度関数を用いて表現する。また、シミュレーション結果の一つの可視化技術として、MPEGアニメーションの作成法も紹介する。

またセミナー案内をemail にてもお送りしますのでご希望の方は下記まで御一報下さい。

724 東広島市鏡山1-3-1

広島大学理学部数学教室 小川知之

tel : 0824-24-7341 email : ogawa@math.sci.hiroshima-u.ac.jp

## 1995年M Eセミナーの記録

(九州大学理学部生物学科数理生物学研究室) 4/11~11/14まで

4/11 「敵の敵は敵ではないのか？」  
= 2 栄養段階系における被食者間の正の間接効果と捕食者間の負の間接効果=  
松田 裕之 九大・理・生物・数理生物

4/11 Host-Parasite Arms Race in Mutation Modifications :  
Indifinite Escalation Despite of Heavy Load?  
原口 佳大&佐々木 順 九大・理・生物・数理生物

4/18 植物のコイル状成長のメカニズム 分裂規則が根の形を作る?  
望月 敦史 九大・理・生物・数理生物

5/9 ミナイキイロアザミウマの捕食者  
*Orius sauteri* と *O. tantillus* の比較生態  
-特に施設での天敵としての有効性について  
仲島 義貴 九大・農・生物的防除研究施設

5/16 分子進化のタイプおよび進化速度と突然変異率の上限  
パリティーモデルの結果  
松田 博嗣 九大・理・生物・数理生物

5/23 ゲノムインプリンティング進化の数理モデル  
: ゲノムインプリンティングはなぜもっと一般的でないのか?  
望月 敦史 九大・理・生物・数理生物

6/19 遺伝子の多様化と生物の進化  
宮田 隆 京大・院・理学研究科

9/12 隣接効果を導入した植物の競合のオートマトンモデル  
竹中 靖人 九大・理・生物・数理生物

9/16 Gadagkar 教授をかこむワークショップ

Evolution of Aphid Soldiers: Can it Provide a New View in Theory of Social Evolution?  
伊藤 嘉昭 沖縄大・教養

Demographic Predisposition to The Evolution of Eusociality: a Hierarchy of Models  
Raghavendra Gadagkar  
Centre for Ecol. Sci., Indian Institute of Science

Model of Evolution from Monogyny to Polygyny.

辻 宣行 佐世保高専

Problems in Ant Taxonomy

緒方 一夫 九大・熱帯農研

Social Structure of Pentatomid

塚本 リサ 佐賀大・農

Host-Parasite Arms Race in Mutation Modifications:

Indefinite Escalation Despite of Heavy Load?

原口 佳大 九大・理・生物・数理生物

Competition for Food Resource: Effects of The Clumping of Food in Time

箱山 洋 九大・理・生物・数理生物

9/21 水産資源解析の将来展望

—一般化線形モデル、最大原理、SPRによる  
資源管理などに関連して—

松宮 義晴 東大・海洋研究所資源解析部門

9/26 Genomic Imprinting: A logic of Segregated proposal

武田 裕彦 九大・理・生物・数理生物

10/7 What can theoretical ecology do for management of the southern pine beetle:  
analysis of movement.

Peter Turchin コネチカット大

10/24 Towards quantifying the global pattern of ecosystem productivity  
and related environmental constraints

Georgii A. Alexandrov

Institute of Atmospheric Physics of Russian Academy of Sciences

10/31 格子上での協力の進化

中丸 麻由子 名大・人間情報学研究科・社会情報学

11/14 自然淘汰と個体数変動の遺伝子置換速度への影響について

荒木 仁志 九大・理・生物・細胞遺伝

連絡先： 原田 祐子

〒812-81 福岡市東区箱崎6-10-1  
九州大学理学部生物学教室 数理生物学研究室  
tel (092) 641-1101 ex. 4438 or 4448  
e-mail: yuharscb@mbox.nc.kyushu-u.ac.jp

1995年会計報告  
(1995年1月～12月)

収入

|           |          |
|-----------|----------|
| 1994年より繰越 | 186,342- |
| 会費 (124件) | 492,250- |

|    |          |
|----|----------|
| 合計 | 678,592- |
|----|----------|

支出

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| ニュースレター15号・会員名簿印刷費 | 92,700-        |
| ニュースレター15号・会員名簿郵送料 | 52,626-        |
| ニュースレター16号印刷費      | 40,170-        |
| ニュースレター16号郵送料      | 38,540-        |
| ニュースレター17号印刷費      | 52,650-        |
| ニュースレター17号郵送料      | 59,740-        |
| 第6回シンポジウム・会議・交通費   | 60,000-        |
| 通信費 (切手・封筒代)       | 52,520-        |
| 送金料 (会費振込手数料を含む)   | 7,360-         |
| 編集局移転費             | 6,180-         |
|                    | (小計) 462,486-) |
| 次年繰越分              | 216,106-       |
| 合計                 | 678,592-       |

本会は会員からの会費収入のみによって運営されています。振替用紙を同封しておりますので、迅速な会費払い込みにご協力ください。

振込先： 郵便振替 01770-1-12583  
加入者名 数理生物学懇談会

事務局： 〒812 福岡市東区箱崎6丁目10-1

九州大学理学部生物学教室

数理生物学研究室内

数理生物学懇談会事務局

fax. 092-632-2741

巖佐 庸 tel. 092-641-1101(ext.4439)

email. yiwasscb@mbox.nc.kyushu-u.ac.jp

松田 裕之 tel. 092-641-1101(ext.4437)

email. hmatsscb@mbox.nc.kyushu-u.ac.jp

## 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。九州大学の前編集局の皆さん、特に編集委員長の松田裕之さん、本当にご苦労さまでした。といっても、この18号も企画・編集の大半は松田さんによるものです。次号あたりから新編集局の力が試されることになるでしょう。前編集局は、松田編集長のアイディアと行動力、巖佐編集局長、佐々木さん、武田さんの強力なスタッフと多数の優秀な学生の協力で、ニュースレターの編集にも新機軸を打ち出され、会の発展に大いに貢献されてきました。前編集局の残してくれた財産を生かしながら、おいおい新編集局の持ち味を出していきたいと思っています。17号の編集後記で巖佐前編集局長が指摘されている様々な分野の方々との交流や若手の育成も編集方針に生かしたいと思います。

1996年6月には数理生物学京都会議が開催されます。日本で数理生物学関係の国際会議が開催される機会は5年に1回程度しかありません。生態学の分野を中心で数理生物学全般を網羅できないのは残念ですが、この18号と次号ではニュースレター編集局も会議の成功をめざして協力したいと思います。9月発行予定の20号は、通常ですと数理生物学シンポジウムの特集号ですが、国際会議の関係もあり、1996年にはシンポジウムの開催予定はありません。したがって、この号は修士論文要旨などを含めて若手に大いに参加してもらうリクルート特集号にするか、あるいはこれまであまりニュースレターで取り上げてこなかった分野の方にゲストエディタをお願いして特集号を組むことを考えています。ゲストエディタの試みも含めて、新編集局はできるだけ会員の皆さんのが声を生かした運営をすることを方針としています。自薦・他薦を含め、ニュースレターで取り上げるべき題材などについてのご意見・ご希望がありましたら、編集局まで積極的にお寄せください。

最後になりましたが、会員からの原稿の多くはMacintoshのファイルの形で届きます。私自身はWindowsマシンしか使わないため、編集委員の一人の江副さんに原稿の出力や体裁の統一などの実務をすべてお願いしています。同じ研究室に所属する編集委員ではありますが、この場を借りてお礼を申し上げたいと思います。（難波）

ニュースレター編集局： 〒590 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

JAMB NewsLetter編集局

fax. 0722-22-4791

難波 利幸 tel. 0722-22-4811(ext.344)

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

江副 日出夫 tel. 0722-22-4811(ext.323)

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

## JAMB Newsletter No.18

### 目 次

|  |              |
|--|--------------|
| 編集局移転のお知らせ   | 表紙見返し        |
| 論文、研究紹介  |              |
| 小胞形態をとる脂質二重膜の動力学   | 藤谷洋平 1       |
| 繰り返し行われる”囚人のジレンマ”：1次のマルコフ戦略  | 西村欣也 3       |
| 海洋における生態系モデル   | 岸道郎 7        |
| イルカの音響行動学  | 赤松友成 10      |
| 寄稿、研究会報告   |              |
| 「数理物理、数理生物における確率論的研究」に参加して   | 佐藤一憲 18      |
| 研究室紹介  |              |
| 大阪女子大学基礎理学科数理環境科学  | 20           |
| お知らせ   |              |
| 数理生物学京都会議  | 22           |
| A-lifeシンポジウム   | 28           |
| Soft Computing 国際ワークショップ   | 30           |
| 東大海洋研助教授公募   | 32           |
| セミナー記録   |              |
| 進化生態学酒話会・数理生物談話会・G I セミナー（奈良女大）・<br>N <sup>2</sup> Aセミナー（広島大学）・MEセミナー（九州大） | 33           |
| 新入会員、会員情報変更  |              |
| 1995年会計報告  | 41<br>事務局 42 |
| 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18号  
1996年1月発行  
〒590 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  
数理生物学懇談会ニュースレター編集局  
印刷・製本 (株)うめだ印刷