

JAMB Newsletter No. 22

数理生物学懇談会
ニュースレター

第22号

1997年4月

*Japanese Association
for
Mathematical Biology*

1996年会計報告

(1996年1月～12月)

収入

1995年より繰越 会費 (145件)	216,106- 608,108-
	<u>合計</u> 824,214-

支出

ニュースレター18号印刷費	48,000-
ニュースレター18号郵送料	38,950-
ニュースレター19号印刷費	48,307-
ニュースレター19号郵送料	36,480-
ニュースレター20号・会員名簿印刷費	87,138-
ニュースレター20号・会員名簿郵送料	77,130-
送金料（会費振込手数料を含む）	8,540-
事務局移転費	130-

(小計 344,675-)

次年繰越分 479,539-

合計 824,214-

第7回数理生物学シンポジウムのお知らせ

下記の要領で、「第7回数理生物学シンポジウム」を開きます。この集会は、生物学に現れる諸現象を理論的あるいは数理的な立場から解明することを目指す方々と、生物現象に触発されて生まれた数学的問題の解決と生物学へのフィードバックを目指す方々の情報交換と活発な議論を目的としています。

日 時：1997年10月12日（日）～14日（火）

場 所：大阪大学基礎工学部シグマホール

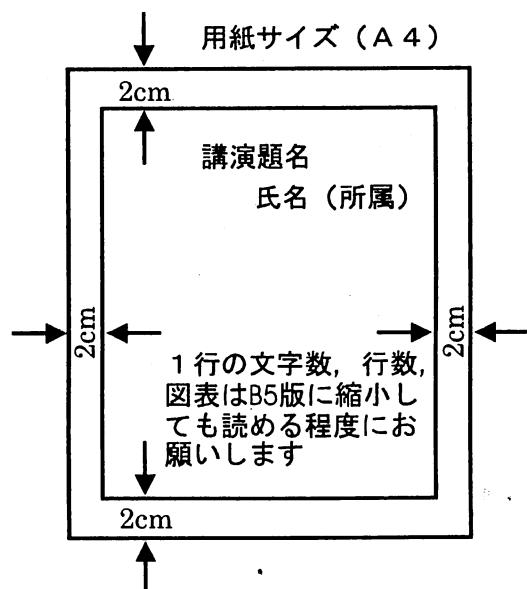
（阪急宝塚線石橋駅または大阪モノレール柴原駅下車）

今回のシンポジウムでは、1件ないし2件のオーガナイズドセッションを予定しています。1件は、中部大学の関村利朗氏をオーガナイザーとする「生物の形態・パターンの多様性と進化」、もう1件は未定です。

一般講演の募集（7月22日締め切り）

生物学の分野における数理的研究及び関連する数理的手法について的一般講演を募集します（講演時間は20分～30分程度）。なお、会員ではない方の講演も歓迎しますので、講演者のご紹介をお願いいたします。

講演を希望される方は、右のような形式の講演要旨（そのままニュースレターに掲載予定）を7月22日（火）までに事務局までお送りください。できれば、要旨とは別に早めに講演題名と演者を電子メールでお知らせください。講演日時、講演時間等についてご希望がありましたら、これもお知らせください。参考にさせていただきますが、最終的なプログラムの作成は事務局にお任せください。



申し込み問い合わせ先：

〒590 大阪府堺市大仙町2-1 大阪女子大学学芸学部基礎理学科内

数理生物学懇談会事務局（難波利幸） E-mail: tnamba@center.osaka-wu.ac.jp

Tel: 0722-22-4811(ext.344)

Fax: 0722-22-4791

A free boundary problem arising in population dynamics

生態学に現れる自由境界問題（修士論文要旨）

東京大学 大学院数理科学研究科 修士2年 吉田 純子

March, 1997

2種の生物 U と V の個体群の移動と相互作用を記述するモデルが寺本、瀬野により提出された [1]。

$$(1) \begin{cases} u_t = (u^2)_{xx} + [P_x(x)u]_x, t > 0, x \in \mathbb{R} \\ v_t = d(v^2)_{xx} + \lambda[P_x(x)v]_x + \gamma[u_xv]_x, t > 0, x \in \mathbb{R} \\ u(0, x) = u_0(x) \geq 0, \quad v(0, x) = v_0(x) \geq 0, \quad x \in \mathbb{R} \end{cases}$$

ここで、 $u(t, x)$ 、 $v(t, x)$ は、時間 t 、場所 x での U 、 V それぞれの個体群密度であり、 d 、 λ 、 γ は正のパラメーターである。 (1) は、各種は己の密度によりランダムに拡散（個体群圧力による拡散）し、両種とも環境嗜好度の高い方、つまり環境ポテンシャル $P(x)$ の低い方へ走性し、さらに U は V より強く、 V は U の密度が小さい方へ走性するというモデルである。

本論文は、拡散項が非線形で U 、 V がゼロで退化していることより、 U 、 V は有限伝搬するという特徴に着目し、棲息領域の境界、つまり個体群の移動のフロントの動きを記述する式を得て [2]、(1) の自由境界問題を提出する。ここで、 $U > 0$ 、 $V > 0$ の棲息領域はそれぞれ 2つの境界をもつ、 $I_u(t) = (\zeta_L(t), \zeta_R(t))$ 、 $I_v(t) = (\xi_L(t), \xi_R(t))$ と仮定する。まず単独方程式である U について考えると、(1) の自由境界問題は次のように与えられる。

$$(2) \begin{cases} u_t = (u^2)_{xx} + [P_x(x)u]_x, \quad t > 0, x \in I_u(t) \\ u(t, x) = 0, \quad t > 0, x \in \mathbb{R} \setminus I_u(t) \\ \zeta_{L,t} = -\lim_{x \rightarrow \zeta_L(t)+0} [2u_x(t, x) + P_x(x)], \quad t > 0 \\ \zeta_{R,t} = -\lim_{x \rightarrow \zeta_R(t)-0} [2u_x(t, x) + P_x(x)], \quad t > 0 \\ u(0, x) = \begin{cases} u_0(x) > 0, & x \in I_u(0) \\ 0, & x \in \mathbb{R} \setminus I_u(0) \end{cases} \\ \zeta_L(0) = \zeta_{L0}, \quad \zeta_R(0) = \zeta_{R0} \end{cases}$$

数値計算、および定常状態の解析より、初期値が与えられると、 U の定常解はただ 1 つ存在することが示された。

次に V の方は、 d 、 λ 、 γ が十分に大きいと仮定して、まず U が先に定常状態に落ち着いた

とすると、(1) の自由境界問題は次のように与えられる。

$$(3) \begin{cases} v_t = d(v^2)_{xx} + [Q_x(x)v]_x, \quad t > 0, x \in I_v(t) \\ v(t, x) = 0, \quad t > 0, x \in \mathbb{R} \setminus I_v(t) \\ \xi_{L,t} = -\lim_{x \rightarrow \xi_L(t)+0} [2dv_x(t, x) + Q_x(x)], \quad t > 0 \\ \xi_{R,t} = -\lim_{x \rightarrow \xi_R(t)-0} [2dv_x(t, x) + Q_x(x)], \quad t > 0 \\ v(0, x) = \begin{cases} v_0(x) > 0, & x \in I_v(0) \\ 0, & x \in \mathbb{R} \setminus I_v(0) \end{cases} \\ \xi_L(0) = \xi_{L0}, \quad \xi_R(0) = \xi_{R0} \\ v_x(t, \bar{\zeta}_L - 0) - v_x(t, \bar{\zeta}_L + 0) \\ = -\frac{1}{2d} [Q_x(\bar{\zeta}_L - 0) - Q_x(\bar{\zeta}_L + 0)], \quad t > 0 \\ v_x(t, \bar{\zeta}_R - 0) - v_x(t, \bar{\zeta}_R + 0) \\ = -\frac{1}{2d} [Q_x(\bar{\zeta}_R - 0) - Q_x(\bar{\zeta}_R + 0)], \quad t > 0 \end{cases}$$

where $Q(x; \gamma) =$

$$\begin{cases} (\lambda - \frac{\gamma}{2}) P(x) + \frac{\gamma}{2} P(\bar{\zeta}_R(N)), & x \in I_v(t) \cap I_{\bar{u}} \\ \lambda P(x), & x \in \mathbb{R} \setminus I_v(t) \cap I_{\bar{u}} \end{cases}$$

数値計算と定常問題の解析を相補的に用いることにより、ある臨界値 γ_c が存在して、 $\gamma < \gamma_c$ のとき、 V と U が共存する定常解が存在し、 $\gamma > \gamma_c$ のとき、棲み分けをおこす定常解が存在することが示された。 $\gamma < \gamma_c$ のとき、 V は U と同様に、初期値が 1つ与えられるとただ 1 つの定常解に近づく。一方、 $\gamma > \gamma_c$ の場合、 V の総密度 M により、 M が M_C より大きいときには各 M に対して、連続濃度で解が存在することがわかる。しかし、初期値によって解がどの定常解に近づくかということはわかつておらず、今後の研究課題である。

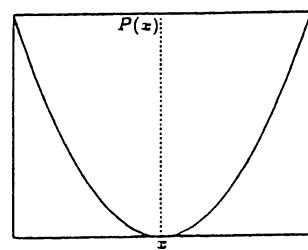


Fig.1 $P(x)$ used in the numerical simulations: $P(x) = x^2$.

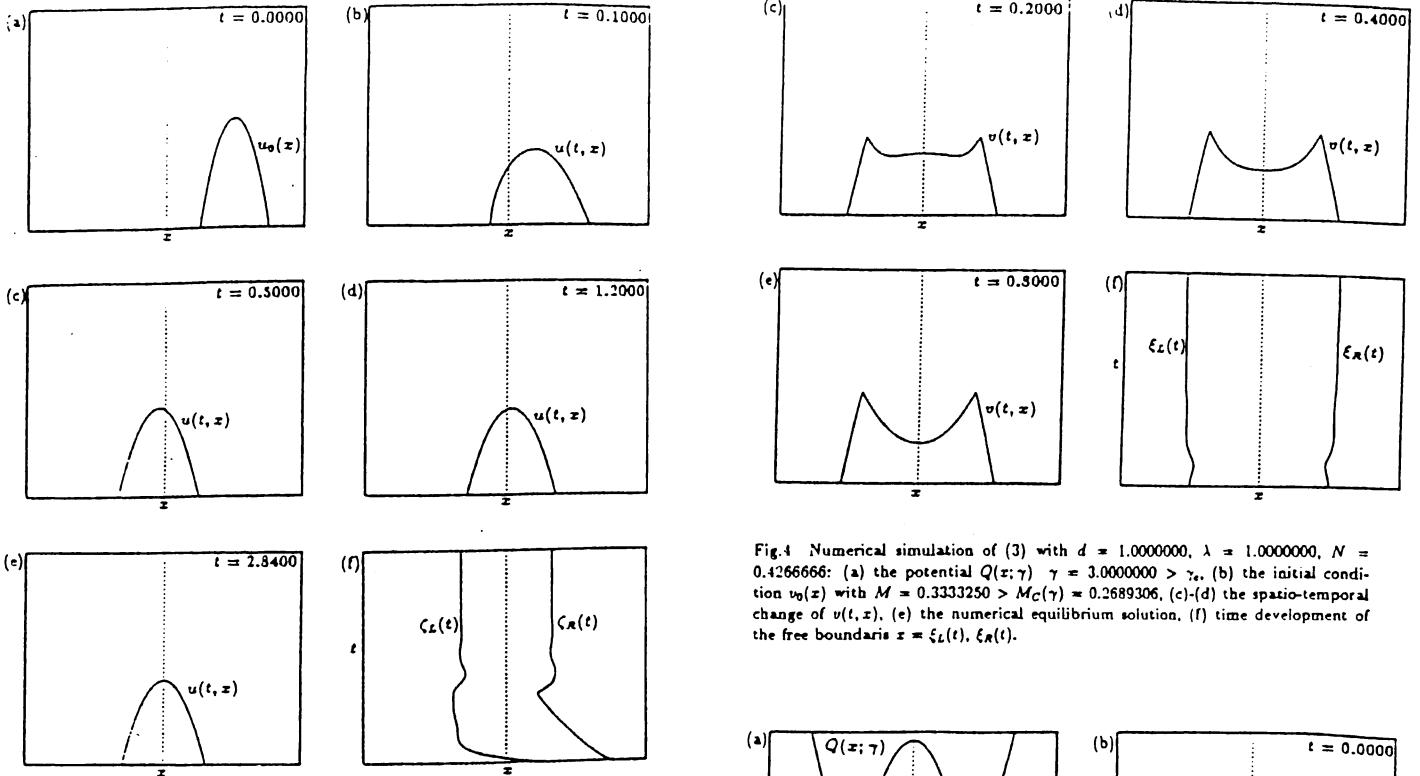


Fig.2 Numerical simulation of (2): (a) the initial condition $w_0(z)$ with $N = 0.1666625$, (b)-(d) the spatio-temporal change of $u(t, z)$, (e) the numerical equilibrium solution, (f) time development of the free boundaries $z = \xi_L(t), \xi_R(t)$.

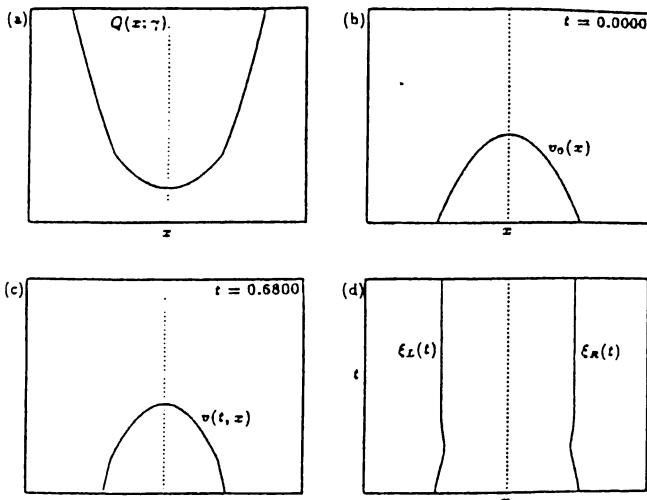


Fig.3 Numerical simulation of (3) with $d = 1.0000000, \lambda = 1.0000000, N = 0.42666666$: (a) the potential $Q(x; \gamma)$, $\gamma = 1.0000000 < \gamma_c = 2.0000000$, (b) the initial condition $v_0(z)$ with $M = 0.3333250$, (c)-(d) the spatio-temporal change of $v(t, z)$, (e) the numerical equilibrium solution, (f) time development of the free boundaries $z = \xi_L(t), \xi_R(t)$.

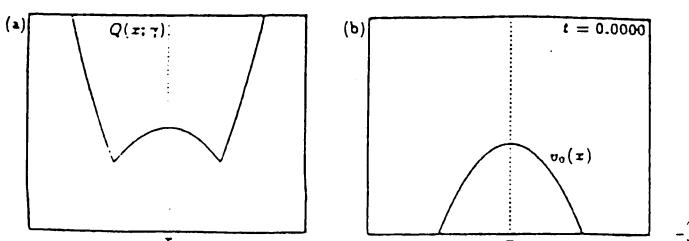


Fig.4 Numerical simulation of (3) with $d = 1.0000000, \lambda = 1.0000000, N = 0.42666666$: (a) the potential $Q(x; \gamma)$, $\gamma = 3.0000000 > \gamma_c$, (b) the initial condition $v_0(z)$ with $M = 0.3333250 > M_C(\gamma) = 0.2689306$, (c)-(d) the spatio-temporal change of $v(t, z)$, (e) the numerical equilibrium solution, (f) time development of the free boundaries $z = \xi_L(t), \xi_R(t)$.

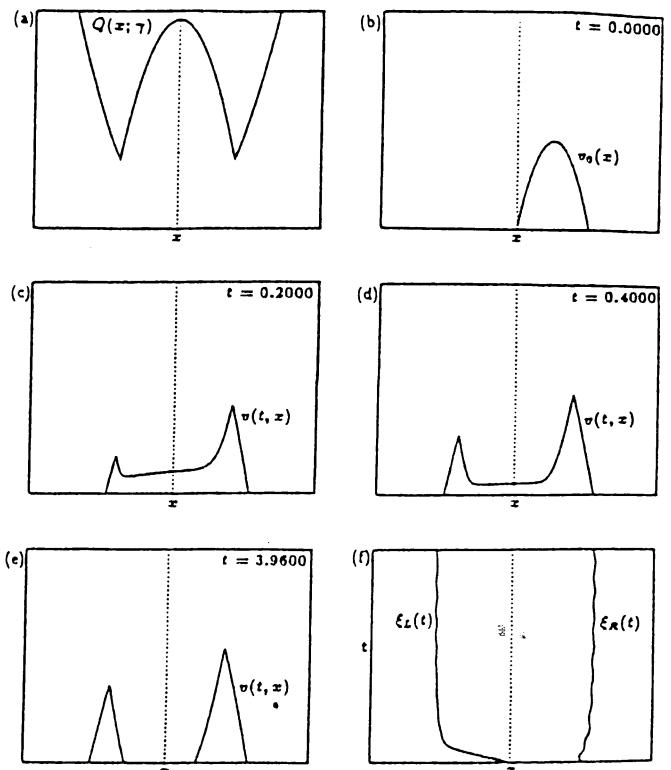


Fig.5 Numerical simulation of (3) with $d = 1.0000000, \lambda = 1.0000000, N = 0.42666666$: (a) the potential $Q(x; \gamma)$, $\gamma = 5.0000000 > \gamma_c$, (b) the initial condition $v_0(z)$ with $M = 0.1666625 < M_C(\gamma) = 1.4240949$, (c)-(d) the spatio-temporal change of $v(t, z)$, (e) the numerical equilibrium solution, (f) time development of the free boundaries $z = \xi_L(t), \xi_R(t)$.

References

- [1] E.Teramoto,H.Seno: *Modelling of biological aggregation patterns*. L.M.Ricciardi(ed.), Biomathematics and Related Computational Problems. 409-419.(1988) Kluwer Academic Publishers.
- [2] D.G.Aronson : *Regularity Properties of Flows through Porous Media: The Interface*. Arch.Rational Mech.Anal. 37 (1970) 1-10.

産卵ポテンシャルによる資源管理

勝川俊雄 東京大学海洋研究所 資源解析部門

はじめに

FAOの統計では世界中の2/3の水産資源は乱獲もしくは乱獲直前の状態にあるという。自然の生産力を上回る漁獲をこのまま続ければ、世界中の水産資源が枯渇するかもしれない。自然の生産力を持続的に活用していくためには、十分な親を残すための社会的なルールが必要である。そのようなルールを科学的な根拠から規定したものが資源管理である。

従来の資源管理は、産卵バイオマス（成熟親魚重量）もしくは成熟雌個体数の確保を目的としてきた。これは、十分な親魚を常に残すことで、毎年の産卵を安定させようという考え方に基づくものである。産卵親魚の現存量確保を目的とした管理は、その時点での繁殖能力が低い未成魚や若齢魚の将来性を不当に軽視してしまう危険性がある。未成熟個体は現在の産卵には貢献できなくても、未来の産卵には寄与する潜在的な能力を保持している。本研究では長期的視点から資源の持続的利用を考えるために、現存資源の将来的な再生産能力を評価する手法を考案した。

産卵ポテンシャルの概念

数理生物学の分野では、Fisher(1930)の繁殖値が個体の繁殖能力の指標として幅広く用いられている。繁殖値の定義は、ある齢の個体が以後の生涯に産む産卵数の期待値である。繁殖値の概念を群集（資源全体）に拡張したものが、産卵ポテンシャル（Spawning Potential;SP）である。SPは対象資源の産卵の能力を次の産卵だけではなく資源が生涯に産む産卵量で評価しようという概念である。SPは資源全体の定常状態の繁殖値を合計することにより、次のように計算できる。

$$SP = \sum_{i=1}^{t_{\max}} N_i \sum_{j=i}^{t_{\max}} E_j \cdot \exp\left\{-(F+M)(j-i+1)\right\}$$

（ N_i ：i歳魚の個体数、 E_j ：j歳魚の個体あたり産卵数、F：漁獲係数、M：自然死亡係数、

t_{\max} ：最高成熟年齢）

Year

	1996	1997	1998	1999	2000
Age	E	D	C	B	A

Diagram illustrating the concept of Spawning Potential (SP). The table shows the number of female individuals (E, D, C, B, A) at different ages (1 to 5) in 1996. Arrows point from each row to the right, indicating the continuation of the population through spawning. The letters represent the number of eggs produced by each female individual.

産卵ポテンシャル SP と従来の指標の違いを上図を用いて説明する。1996年時点の産卵バイオマス・成熟雌個体数は、太枠で囲まれた産卵量の指標であり、翌年以降の産卵は考慮に入っていない。1996

年に1歳であったコホートEは、矢印で示したように1997年には2歳、1998年には3歳と加齢していく。1996年に存在していた資源（コホートA～E）は、1997年以降も産卵を行うので、上図の網かけ領域の産卵は、全て1996年に存在していた資源（コホートA～E）に由来することになる。SPは網かけ領域の産卵の期待値であり、対象資源の将来性も含めて産卵能力を評価することができる。

産卵ポテンシャルによる資源管理の特徴

「現存資源量」と「資源の持続に不可欠な資源量」の差が「漁獲可能な資源量」に該当する。産卵ポテンシャルSPによる資源管理は、漁獲可能資源を現存資源の生涯にわたって、計画的に利用する管理である。例えば、加入の失敗や、環境変動によって資源が減少した場合でも、その年以降の漁獲を抑えて、漁獲予定資源を産卵に回すことで対応できる。一方、産卵バイオマスのような指標に基づく管理では、全ての漁獲可能資源量を次の産卵までの期間に漁獲することになる。資源状態が何らかの原因で少しでも悪化すると、仮りに禁漁措置をとったとしても、十分な産卵を確保できなくなる。SPによる資源管理の大きな長所は、目標となる産卵量を確保できるように漁獲を調節する上で、将来の漁獲予定資源が緩衝材の役割を果たし、資源と漁業の安定に貢献することである。

産卵ポテンシャルSPの緩衝効果について簡単なモデルで解析を行った結果、寿命が長い資源ほど緩衝効果が期待できることがわかった。マサバの太平洋系群を例に、シミュレーションによって、SPによる資源管理の有効性を検討したところ、資源評価の不確実性に対して頑健であり、漁獲量と努力量の変動を抑えられることが示唆された。

結論と将来展望

産卵ポテンシャルSPは生物学的に厳密な資源の産卵能力の指標であり、さらに緩衝効果により、資源と漁業の安定、資源評価誤差に対する頑健性の向上が期待できる。寿命が長く、加入変動が大きい資源に適用すれば、SPによる資源管理は十二分に威力を発揮する。本研究の成果は以下の論文に収められている。

- KATSUKAWA, T. (1997) Introduction of spawning potential: improvement in the threshold management theory. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7, 1-5
勝川俊雄・松宮義晴 (1997) 産卵ポテンシャルに基づく水産資源の管理理論. 水産海洋研究会報, 61, 33-43.

Computer Experiments of Fish Behavior; Emergence of Schooling and Evasion Maneuver against a Predator

Yoshimasa Narita

Kambara Lab.,
Department of Applied Physics and Chemistry,
University of Electro-Communications,
1-5-1 Chofu-ga-oka, Chofu, Tokyo, 182
JAPAN

E-mail : pbc02522@niftyserve.or.jp
narita@nerve.pc.uec.ac.jp

成田 佳應

〒182
東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1
電気通信大学大学院
電気通信学研究科
電子物性工学専攻
神原研究室

Abstract

We have made the computer experiments to clarify the essential mechanism of fish schooling. The model was constructed based on the assumption that each individual adjusts its moving direction depending on the location and moving direction of the neighbors. Three types of behavioral interactions between two fishes, approach, avoidance and parallel orientation were taken into the model. It was found that, to form a school, each individual has to attend every neighbor around itself. Though each individual did not know the movement of entire school and there was no leader in the group, they gathered and moved together. When each individual referred only the nearest neighbor or only the nearest anterior fish, school was not formed but many unstable small groups appeared.

The effect of lateral line of fish was also examined. We assume that lateral line contributes efficiently to parallel orientation of fish. When individuals used the information from lateral line, density of the school became lower and the frequency of changing direction of school movement decreased. We suppose that, a fish use mainly the information from lateral line only when the school is stable and there is no external perturbation around the school. However, the school is not formed, when fish individuals use dominantly the information obtained through lateral line.

We are strongly interested in the group intelligence of fish school. We assume that group intelligence are abilities emerged when individuals aggregate and make shoal. One of the most important functions of fish schooling behavior is to protect the members from attack of the predators. Group intelligence might be highly exerted when a school performs evasion maneuvers

against the predators. In order to clarify what the group intelligence of fish school is and how the group intelligence is emerged, we have studied predator-avoidance behaviors of fish school using our fish school model.

We firstly studied the effect of forced split and forced flash expansion of a fish school. The results indicate that the fish school in our model is quite robust against such kinds of perturbations. The schooling dynamics of our model is quite reasonable to study the response to attack of predator. If the schooling dynamics is unstable, fishes of the school are easily dispersed by attack of predators and as a result easily eaten by the predators. As long as a school under the attack of predators maintains uniform collective motion, the fishes are not easily eaten.

From the simulations of predator evasion behavior, one of the merits of fish schooling was clarified. It is suggested from this work that some kind of group intelligence is exerted to avoid attacking of predators when a school is formed by fishes.

受容細胞の共鳴的応答と確率共振におけるカオスの効果

舟久保 博文

電気通信大学 電子物性工学専攻

E-mail : funakubo@nerve.pc.uec.ac.jp

1 はじめに

視覚、嗅覚、味覚、聴覚の刺激受容細胞は、gap junction を通して細胞間が結合するシンシチウム構造をなす。シンシチウム構造の役割はまだ明らかになっていない。受容細胞はそのアピカル膜上に、 Na^+ チャンネルと K^+ チャンネルを持つ。これらのイオンチャンネルは、ゲートと呼ばれる部位を開閉させることによりイオン電流の流れを制御している。入力刺激としてイオン電流が細胞内に流れると、細胞内の膜電位は変化し、gap junction を通して隣接する細胞にその変化が伝搬する。イオンチャンネルの開閉がカオス的に変化する場合、入力刺激に対する系の応答特性にどのような効果をもたらすのか。また受容細胞がシンシチウム構造を成す時、系の微弱な信号への確率共振による応答性にどのような効果があるのか。これらの問題を明らかにするために、系の本質的機能を含んでいる簡単なモデルを作りコンピュータシミュレーションによって研究を行なった。

2 モデル [1]

イオンチャンネルの開閉(ゲーティング)は確率的であると、以前から考えられてきた。しかし、最近の研究でゲーティングの時間変化が、決定論的に生じることが、單一イオンチャンネルの電荷分布の解析から明らかになった。Liebovitch と Toth は、ゲーティングがカオス状態になることを示している。我々は Liebovitch と Toth のマッピングモデルを拡張した決定論的なモデルを用いた[1]。イオンチャンネルの開閉は、マッピング関数の係数 a_i の値によって周期的、あるいはカオス的になる。

受容細胞シンシチウムのモデルを図1に示す。各細胞は p 個の Na^+ 、 q 個の K^+ チャンネルを持っている。N 個の受容細胞は線型に結合し、隣接した細胞はイオンを滑らかに通す gap junction で電気的に結合している。 n 番目の細胞の膜電位 V_n は、一つの細胞について電流保存則を適用することにより次式で与えられる。

$$C \frac{dV_n}{dt} + J_n(\text{Na}) + J_n(\text{K}) = I_{n-1} - I_n, \quad (1)$$

ここで、 $V_n(t)$ は時刻 t における n 番目の受容細胞の膜電位であり、 $C \frac{dV_n}{dt}$ は膜を通る変位電流、 $J_n(X)$ ($X = \text{Na}, \text{K}$) は X チャンネルを通って n 番目の受容細胞に流れ込む電流、 I_n は n 番目の細胞から $n+1$ 番目の細胞に gap junction を通して流れ込む電流である。

図2に $N=10$, $p=q=5$ の場合におけるイオンチャンネルの開閉の動的状態を示す。横軸は時間を表し、縦軸は全ての細胞にあるイオンチャンネルを並べたもので、黒が開、白が閉を表している。 a_{i0} の値によって、3つの状態、周期、安定カオス、不安定カオス状態が得られる[1]。

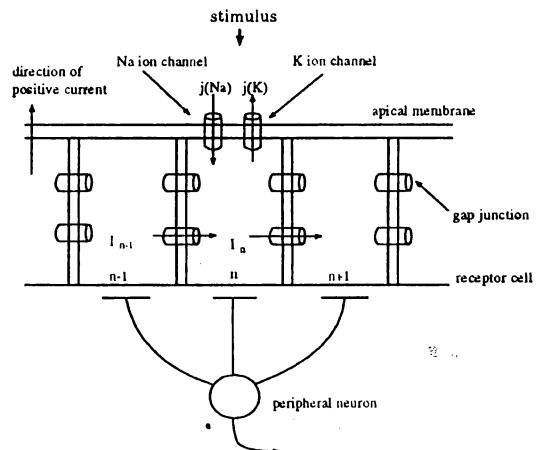


図1: 受容細胞シンシチウムのモデル。

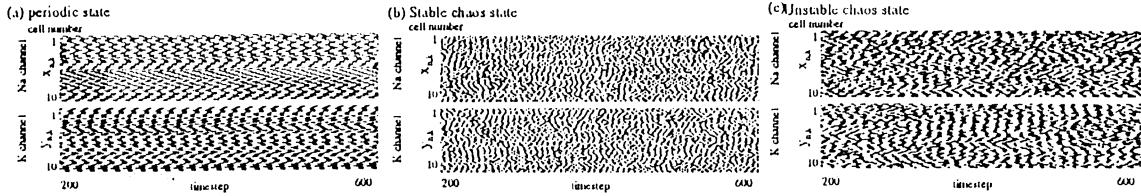


図 2: イオンチャンネルの集団的ゲーティングの動的状態。(a) 周期的、(b) 安定カオス (c) 不安定カオス

3 受容細胞がシンシチウム構造をなす効果 [2]

受容細胞群からの入力を集める末梢神経の微弱な信号より生じた応答性を調べるために、微弱な周期信号を受容細胞に加える。その膜電位変化は末梢神経に加えられ、ある閾値を越えるとスパイクを発振する。するとスパイク列は一見ランダムに発振しているように見えるが、そのスパイク列に信号の情報がコードされている。これは確率共振によるもので、通常微弱な信号だけでは検出されないが受容細胞の膜電位のカオス的な揺らぎの効果によって、末梢神経で信号が検出されるのである。イオンチャンネルの開閉が周期的な場合には微弱な信号は検出できない。図 3 に周波数 0.028kHz の周期信号を加えた時のスパイク列に対するパワースペクトルを示す。図 3 より信号の持つ周波数のところで、ピークを持つことがわかる。

受容細胞がシンシチウム構造をなす効果を調べるために、イオンチャンネル開閉がカオス的に振舞う場合の応答性を調べた。刺激に対する末梢神経での応答性を図 4 に示す。縦軸は信号の周波数におけるパワースペクトルの高さを表し、横軸は受容細胞がシンシチウム構造による細胞間の相互作用の強さ λ を表す。 $\lambda=0$ の時受容細胞はシンシチウム構造を作らない。図 4 から、シンシチウム構造の効果を強めていくとパワースペクトルの高さ、つまり信号の検出効率が増加していることがわかる [2]。受容細胞がシンシチウム構造をなす効果は、各受容細胞への入力信号が、振幅、位相、周波数などで多少のズレがある場合でも、信号検出において有用性を發揮することである [2]。

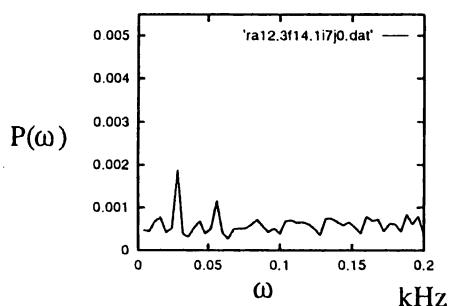


図 3: イオンチャンネルの開閉がカオス状態の場合での、末梢神経から発振されたスパイク列のパワースペクトル。信号の周波数は 0.028kHz。

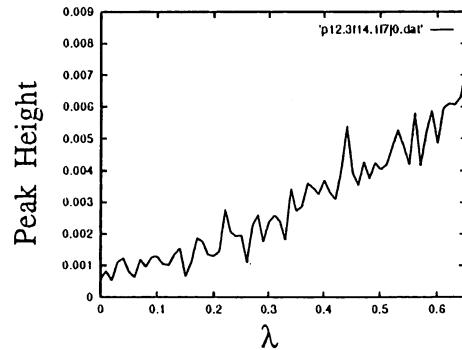


図 4: 微弱な信号の検出効率に対するシンシチウム構造の効果。横軸 λ は細胞間の結合強度を表すパラメータ。縦軸はパワースペクトルの信号周波数でのピークの高さ。

- [1] H.Funakubo, Y.Kashimori, T.Kambara. Usefulness of Edge of Chaos State for Synchronous Response of Receptor Cell Syncytium, in *Progress in Neural Information Processing*, eds S.Amari, L.Xu, L.Chan, I.King, and K.Leung (Springer, HongKong) vol 1, pp. 557-562, 1996
- [2] N.Funakubo, Y.Kashimori, and T.Kambara, Stable and Unstable Chaos States of Receptor Cell Syncytium and Stochastic Resonance without Noise, to be published in Proceeding of 1997 IEEE Int. Conf. on Neural Networks (June 8-12, 1997, Houston, Texas)

本アブストラクトに示した研究の詳細は、以下の文献を参照して下さい。

舟久保 博文、受容細胞シンシチウムの共鳴的応答と確率共振におけるカオスの効果、電気通信大学電子物性工学専攻修士論文 (1996 年度)

単一高分子鎖の折り畳みに関する研究

名大・人間情報・吉川研
野口 博司

§1. はじめに

一般に単一高分子鎖は、良溶媒中では空間的に広がったランダムコイル状の形態をとり、貧溶媒中では凝縮している。従来、この凝縮転移は、連続な緩慢転移であると考えられていた。しかし、最近、蛍光顕微鏡観察により、DNA分子において、凝縮転移が一次相転移であることを示す実験結果が得られている¹。また、電子顕微鏡観察によって、DNAの凝縮体はトロイド状やロッド状といった秩序構造を形成していることが知られている²。

DNA分子は2重らせん構造をもつために硬い高分子である(DNAの持続長は通常500Å程度)。そこで、高分子鎖の硬さというパラメーターに注目して、3次元空間でホモポリマーの单分子凝縮のモンテカルロシミュレーションを行なった。

§2. シミュレーションの方法

高分子鎖のモデルとしては、 N 個のビーズが $N-1$ 本の長さ一定のスティックで連結したものを使用した³。スティックの長さを一定に保つようにビーズは図1に示すような動かし方をする。

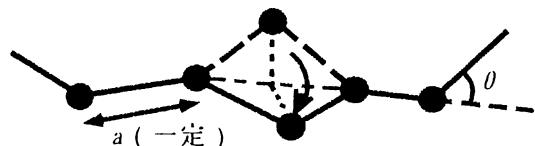


図1 ビーズはひとつずつ矢印のように半円上を動かす($\varphi = [-\pi/2, \pi/2]$)。

スティックは長さ $r_{i,i+1}$ ($i = 1, 2, \dots, N$) を一定値 $a = 1(\text{unit})$ とした体積を持たない棒とする。ビーズ間のファンデルワールス力を表すのに、次のような井戸型ポテンシャルを用いた。

$$V_b = \sum_{i,j}^N V_w(r_{i,j}) \quad (1)$$

$$V_w(r_{i,j}) = \begin{cases} \infty & (r_{i,j} \leq 0.3) \\ -\varepsilon & (0.3 < r_{i,j} \leq 0.4) \\ 0 & (0.4 < r_{i,j}) \end{cases} \quad (2)$$

ここで $r_{i,j} = |\vec{R}_i - \vec{R}_j|$ である。高分子の硬さを表すのに、次のような弾性ポテンシャル V_s を用いた。隣り合うスティックのなす角を θ_i として、

$$V_s = \sum_{i=2}^{N-1} \kappa \theta_i^2 \quad (3)$$

とする。この κ の値によって、クーン長 l (持続長の約2倍:粗視化でよく使用される単位) の値が決まる。 $\kappa = 0$ では $l = a$ となり、柔らかい高分子である。 κ の値を大きくしていくと、高分子は次第に硬くなっていく。 $\kappa = 2$ とすると、 $l \approx 8a$ となる(簡略化のため $k_B T \equiv 1$ とする)。そのとき、 $\langle \theta_i \rangle = 0.2\pi$ である。この κ の値を、硬い高分子の代表として採用する。全体のポテンシャル V は式(1), (3) の和となり、次式で表される。

$$V = V_b + V_s \quad (4)$$

一次相転移を起こし、かつ、多くの極小状態を持つ系を扱うため、モンテカルロのアルゴリズムとしてメトロポリス法とともにマルチカノニカル法を用いた。マルチカノニカル法は B. A. Berg によって一次相転移での過冷却、過熱による計算時間の指数関数的な増加を克服するために開発された手法である⁴。また、この手法は、蛋白質の立体構造予測などのNP完全問題にも有効なことが確かめられている⁵。ベル型のエネルギー分布を持つカノニカル集団を用いる代りに、マルチカノニカル法では、ある範囲で確率密度が一定のエネルギー分布を持つ人工的な「マルチカノニカル集団」上でシミュレーションを行なう。このマルチカノニカル集団の重み因子の設定方法は参考文献5に従った。

計算は $N = 50, 100$ の二種類の長さで行なった。 $\kappa = 2$ のとき、これはDNA分子としてはそれぞれ約2.5kbp($\sim 0.75\mu\text{m}$)、約5kbp($\sim 1.5\mu\text{m}$)に対応する。

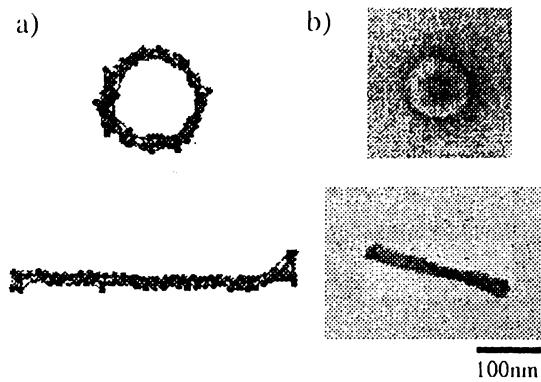


図2 a) シミュレーションの計算結果
($N = 100, \kappa = 2, \epsilon = 4$)
b) T4DNA (166kbp) の凝縮体の透過電顕写真
それぞれ [上段] トロイド状態 [下段] ロッド状態

§3. 結果とその考察

図2に示すように、シミュレーションによって、電子顕微鏡によって観察されるDNA分子の凝縮体の形態とよく似た凝縮体を得ることができた。パラメータ κ, ϵ を一定にしてメトロポリス法でシミュレーションすると、高分子鎖は初期状態などに依存してトロイドに凝縮したり、ロッドに凝縮したりする。電顕観察においてもこれら2状態は同一サンプル中で観察されている。

エネルギーを比較すると、トロイド状態の方がロッド状態よりエネルギーが低くトロイド状態は熱力学的安定状態でロッド状態は準安定状態である。しかし、これらの状態間には熱ゆらぎよりも大きなポテンシャル障壁が存在していて一度ロッド状態に落ち込むと熱ゆらぎではその準安定状態からなかなか抜け出しができないと考えられる。

マルチカノニカル法で得られた慣性半径 R_g の変化を図3に示す。図3 a) の各 ϵ における R_g の分布を見ると高分子鎖はコイル状態から、トロイド状態に、2相の共存領域を経て不連続に変化していることが分かる。この共存領域は過冷却、過熱によってみえているものではなく、 $N = 100$ という系の有限性からきている。この共存状態の幅は N の増加に伴って、狭くなっていく。このような共存領域は蛍光顕微鏡によるDNA分子の実験でも観測されている。

図3 b) に示すように共存状態が存在するため

に R_g の平均値は急激ではあるが連続的に変化する。 N が増加すると転移点は小さい方にずれる。

$\kappa = 0$ と高分子を柔らかくしてシミュレーションすると、凝縮は連続的に起こり、凝縮体の形態は球状の団子状となる。

本研究の結果、高分子の硬さが異なると、凝縮の性質が定性的に大きく異なることが明らかとなった。DNA以外の硬い高分子でも凝縮転移が不連続に起こることが期待される。

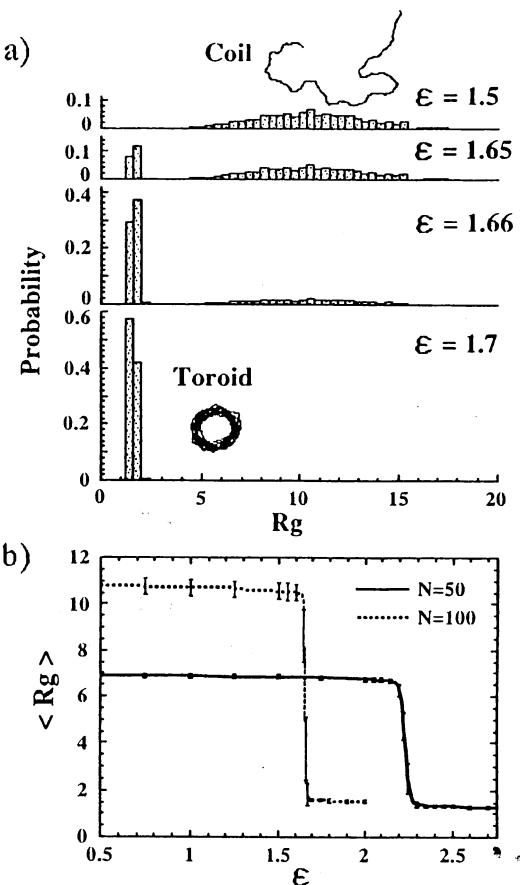


図3 a) 各 ϵ における平衡状態での慣性半径 R_g の分布
($N = 100, \kappa = 2$)
b) R_g の平均値の変化 ($N = 50$ または $100, \kappa = 2$)

[文献]

1. K. Yoshikawa, et al., Phys. Rev. Lett. 76 (1996) 3029.
2. G.E. Plum, et al., Biopolymers 30 (1990) 631.
3. H. Noguchi, et al., Chem. Phys. Lett. 261 (1996) 527.
4. B.A. Berg & T. Neuhaus, Phys. Lett. B 267 (1991) 249.
5. Y. Okamoto & U.H.E. Hansmann, Physica A 212 (1994) 415.

一年草の最適生長パターン： 器官ごとに異なるC/N比と 炭素と窒素の分配スケジュールを組み込んだモデル

京都大学大学院理学研究科生物科学専攻
野村尚史（生態学研究センター）

一年草の生長パターンに関しては多くの研究があり、1960年代から一年草の作物を対象に各器官の乾重の変化に着目した研究が報告されている。それによると、一年草の生長パターンには次に挙げるような特徴が見受けられる。

1. 大きく栄養生长期と繁殖生长期の二つに分かれる。
2. 栄養生长期にはShootとRootのバイオマスが一定の比率を保ちながら生長する
3. 繁殖生长期においては、まず、繁殖器官の生長が始まるとともにRootの生長が止まる。ついで、しばらくしてからShootの生長が止まるとともに、繁殖器官が急激に生長し始める
4. Shootの生長が止まった後も、繁殖器官の生長は続き、さらにShootの乾重が減少する

一方で、生長パターン全体をアロケーションのスケジューリングの問題として捉える繁殖戦略の視点に立った、数々のモデルによる研究がなされてきた。つまり、植物は、栄養生長器官（ShootやRootなど）で同化した同化産物を、再び栄養生長器官や繁殖器官に分配して生長する。植物は繁殖投資量を最大にするように進化してきたと考えられるので、生育期間全体での繁殖器官への総分配量を最大にするようなアロケーションスケジュールを実現していると考えられ、このアロケーションスケジュールが生長パターン自体に反映される。

しかし、その多くにおいては一種類の資源（炭素）の分配のみを考えられている。植物の利用する資源には炭素の他にも窒素やリンなどがある。炭素と窒素の二つの資源の分配を同時に考えると、炭素がShootで獲得されるのに対し、窒素やリンはRootで獲得されるので、消費される炭素と窒素の量に応じて最適なShoot/Root比が存在するはずである。一方で、ShootやRootなどの器官の要求するC/N比は器官ごとに異なる事が知られており、各器官の生長率を変えるために資源の分配率を変化させれば、必要になる炭素と窒素の比も変わるので、最適なShoot/Root比も異なってくる。つまり、各時刻における最適な分配方法は、時刻とその時刻での器官のサイズに依存するが、器官のサイズ自体もそれ以前の分配方法によって変化する。従って、一年草の最適アロケーションスケジュールを考える場合には、器官のC/N比と炭素や窒素の分配を同時に考慮することが必要と言える。

そこで、この研究では、植物がShoot・Root・繁殖器官の三つの器官で構成されているとした上で、器官毎に異なる固有のC/N比をもち、そのうえで、分配される資源は、Shootで獲得される炭素とRootで獲得される窒素とした数理モデルを作り、最適制御

理論に基づいて数値解析を行った。

その主な結果は以下の通りである。

1. 繁殖器官への分配を行っている時期を繁殖生长期とし、それ以外の時期を栄養生长期とすると、最適生長パターンは、前半が栄養生长期で後半が繁殖生长期となる。
2. 栄養生长期は、余剰が出てもShootやRootの不足している一方に投資をする時期と余剰のないよう分配しながら一定のShoot/Root比に漸近していく時期に分かれ、全体としては一定のShoot/Root比に漸近する。
3. 繁殖生长期も余剰のないよう分配しながら繁殖に最適なShoot/Root比に近づけていく時期とShoot/Root比の調節を諦めて余剰が出ても繁殖器官のみに分配する時期に分かれる。例えば、繁殖生長に炭素が多量に必要な場合には、繁殖生长期の前半において繁殖器官への分配を始めながらShootへの分配も続ける。

この理論的モデルからの結果は、繁殖生長に多量の炭素を必要とする一年草において、栄養生长期には一定のShoot/Root比を維持し、繁殖生长期になるとShoot/Root比が増加するというデータからの報告と一致する。また、この結果は、栄養生長期の後に繁殖生长期が始まることや栄養生長期におけるShoot-Rootのバランスといった、最適アロケーションスケジュールに関する従来の理論的研究結果と矛盾せず、炭素と窒素の両方の分配を考えてもこれらが成り立つことを示した。その上、この結果は、繁殖生长期においてShoot (Root) 生長が持続する可能性も示しており、先行研究の理論的な一般化になっている。しかも、予想される最適生長パターンは栽培実験から報告されている一年草の生育パターンと良く一致しており、一年草の生育パターンは最適なアロケーションスケジュールに基づいていると考えられる。

しかし、今回の結果は、いくつかのパラメーター値における数値解のみに基づく。パラメーター値の組み合わせによっては、さらに特殊な解が予想されるので、数値解の数を増やすことと解析解を求めて、結果を確実なものにして行きたい。それによって、生育期間の長さや環境条件、各器官の活性などのパラメーター間の定量的な関係が最適な生長パターンに与える影響をより明らかにする事ができる。また、今後は、モデルの拡張として転流やsource-sinkの問題を取り入れていくことも、それらの最適な生長パターンに与える影響を議論していくために、必要となろう。

搅乱環境下における放浪種の存続条件

白石　円

奈良女子大学 理学研究科 大域情報学講座

要旨

現実の生物の生息環境は、大局的にも局所的にも絶えず搅乱を受けて変動しており、また外からさまざまな種が、流入する開放系である。

生活場所や餌をめぐって競争関係にある2種を考える時、両者の空間的分布はそれぞれの集団の存続に重要な役割を果たしている。競争に弱く、競争を逃れて空き地を転々と渡り歩く生物は放浪種 (fugitive species) と呼ばれ、1年生の植物や移動性の高い鳥などでよく見られる。放浪種が仮に空間的な移動を行わなければ、いずれ競争に強い種に滅ぼされることになるが、搅乱などによって生じた空き地へすばやく移動することができれば存続できる可能性がある。また、放浪種の存続条件は、種の多様性維持の問題と関係して生物保全の問題とも深く関わっており、我々が今後取り組むべき大きな問題の1つであるが、理論的な研究は十分にはされていない。

本研究では、放浪種がどのような時間的・空間的搅乱の条件の下で存続できるかを調べるために、以下の反応拡散方程式を用いてモデルを組み立てた。

$$\begin{aligned}\frac{\partial n_1}{\partial t} &= D_1 \frac{\partial^2 n_1}{\partial x^2} + (\epsilon_1 - \mu_{11}n_1 - \mu_{12}n_2)n_1 \\ \frac{\partial n_2}{\partial t} &= D_2 \frac{\partial^2 n_2}{\partial x^2} + (\epsilon_2 - \mu_{21}n_1 - \mu_{22}n_2)n_2\end{aligned}$$

n_i は種の個体数密度、 D_i は拡散係数、 ϵ_i は内的自然増加率、 μ_{ij} は競争係数を表す。

今、種1を競争に強い種、種2を放浪種とし、パラメーターの値を放浪種の方が内的自然増加率 ϵ が小さく、拡散係数が大きい、つまり $\epsilon_1 = 1$ 、 $\epsilon_2 = 0.9$ 、 $D_1 = 1 \leq D_2 \leq 5$ 、 $\mu_{ij} = 1$ とした。このパラメーターの時には搅乱がない場合、放浪種は絶滅してしまう。

注目する領域は有限で、境界条件は両端がつながっている周期的な環境であるとする。搅乱は領域の一部分に時間 T ごとにかかり、そこにいる生物はすべて取り除かれる。

搅乱の大きさと頻度に関しては、適度な搅乱は放浪種の存続に有利であることがこれまでの研究で示されているが、本研究では以下の新しい点を明らかにした。

- 1) 搅乱の領域の分断化は、競争に強い種よりも速く空き地に侵入する放浪種にとって、個々の空き地のサイズが小さくなるという点で、その存続に不利に働く。
- 2) 搅乱のサイズが大きいほど、またそのサイズが確率的に大きく変動するほど、放浪種の存続に有利である。
- 3) 搅乱の起こる時間間隔が一定または周期的であるよりも、確率的に変動する方が放浪種は存続やすい。

以下にとくに、(3)について要約する。

搅乱の時間間隔が一定でないことが2種の共存に及ぼす影響を見るために、搅乱サイズを一定にして、搅乱の時間間隔がガウス分布に従って変動する場合を考えた。

搅乱サイズが全領域の $1/2$ の場合について、2種の平均総個体数の時間平均を求め、搅乱の起こる時間間隔の平均値 $\langle T \rangle$ と放浪種の拡散係数 D_2 との関係を調べた。(図1)灰色の領域内では搅乱の時間間隔が一定の場合に放浪種と競争種がともに共存する。点線(a)は、時間間隔の標準偏差 σ が平均値 $\langle T \rangle$ の半分の場合($\sigma = \langle T \rangle/2$)、(b)は、平均値 $\langle T \rangle$ に等しい場合($\sigma = \langle T \rangle$)の場合の2種共存領域を表している。搅乱の時間間隔が一定の場合と比べて、時間間隔の確率的変動が大きいほど、放浪種の存続にとって有利であることがわかる。

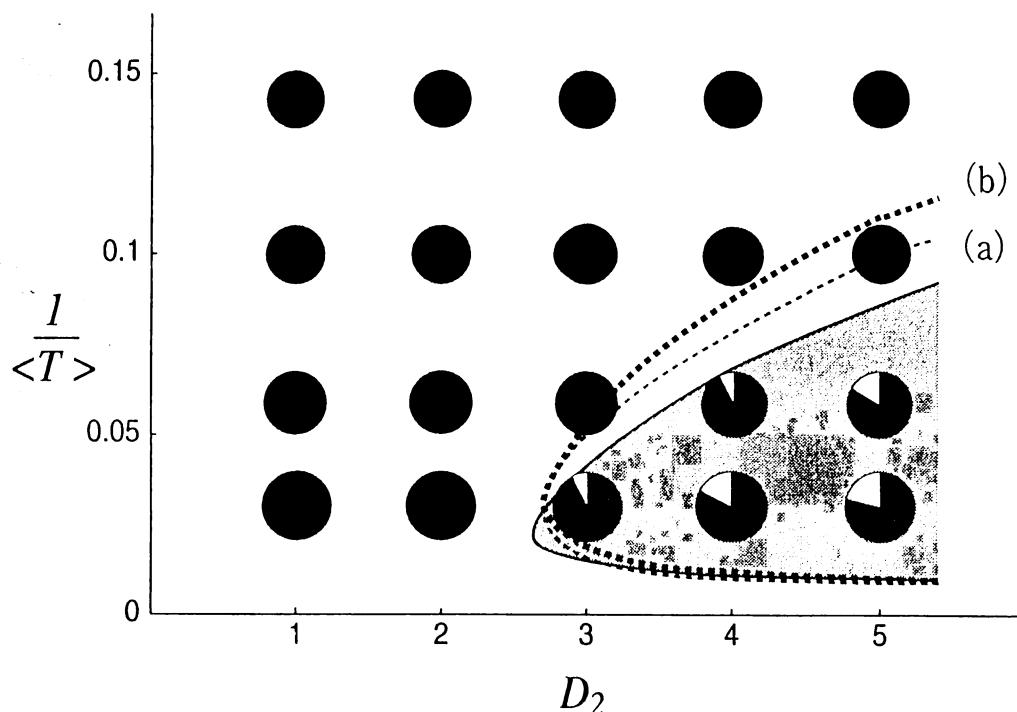


図1

図1：搅乱の起こる時間間隔の確率性が競争種と放浪種の共存に及ぼす影響。縦軸は平均時間間隔 $\langle T \rangle$ の逆数(搅乱の起こる頻度)。横軸は放浪種の拡散係数 D_2 。円の黒抜きは種1の、白抜きは放浪種の平均個体数を表す。実線あるいは点線内で2種は共存する。実線は搅乱の時間間隔が一定の場合。(a)時間間隔の分布の標準偏差が $\langle T \rangle/2$ のガウス分布の場合 (b) 時間間隔の分布の標準偏差 $\langle T \rangle$ がガウス分布の場合。

マツノマダラカミキリの個体群ダイナミクスと マツ枯れ伝播に関する数理的研究

吉村 晶子

奈良女子大学大学院 理学研究科 情報科学専攻

要旨

マツノ材線虫病は、さまざまな駆除が試みられてきたにも関わらず、現在、北海道と青森県を除く全国各地で継続的な被害が発生している。マツの大量枯死をもたらすマツ枯れはマツノザイセンチュウによって引き起こされ、マツノザイセンチュウはマツノマダラカミキリによって伝播される。このように、マツ枯れの流行はマツとマツノザイセンチュウとマツノマダラカミキリの三者の相互作用を介して行われるので、流行の推移は三者の個体群動態により規定されているといえる。富樫（1989）は石川県の砂丘地におけるクロマツ林で起こったマツ枯れを1980—1983年間に渡って調査し、三者の個体群動態を求めるとともに、マツノマダラカミキリの生命表などのデモグラフィックパラメータを推定した。

本論文では、富樫の調査データをもとに、マツ、マツノマダラカミキリおよびマツノザイセンチュウの相互作用を取り入れた次のような数理モデルをつくった。

$$\begin{aligned} H_{t+1} &= \exp\{-\alpha P_t\} H_t \\ \tilde{H}_t &\equiv H_{t+1} - H_t = \{1 - \exp(-\alpha P_t)\} H_t \\ P_{t+1} &= \{1 - \theta\} F(P_t, \tilde{H}_t) \tilde{H}_t \end{aligned}$$

H_t をt年初期に生存する未感染マツ密度、 \tilde{H}_t をt年の一年間にカミキリから後食を受け感染するマツ密度、 P_t をt年初期に感染木より脱出した線虫保持カミキリの雌密度。 $\exp(-\alpha P_t)$ は1つのマツが1年間にカミキリから一度もセンチュウを移されない確率、 $F(P_t, \tilde{H}_t)$ は1感染マツから翌年脱出するカミキリの雌数、 θ はカミキリの駆除率を表している。

これらを解析的ならびにコンピュータシミュレーションすることにより、マツ枯れの流行の長期変動の予測を行った。また、マツノマダラカミキリの駆除によりマツ枯れの伝播がどのように制御されるかを推定する理論式を求めた。以下に主要な結果をまとめると。

1. マツ枯れが流行するためにはマツの初期密度にある閾値があり、この閾値密度よりも小さいマツ密度では、いかなる初期カミキリ密度においても流行は起こらない。また、この閾値密度はカミキリの駆除率の上昇に伴って増加する。

2. 流行が終焉するまでにどれだけのマツが感染するかを駆除率の関数として求めた。駆除率が1に近いと残存マツ密度は初期マツ密度に近いが、駆除率が小さくなると初期マツ密度が大きいほど、一マツ当たりの感染割合が急速に高くなる。（図1参照）

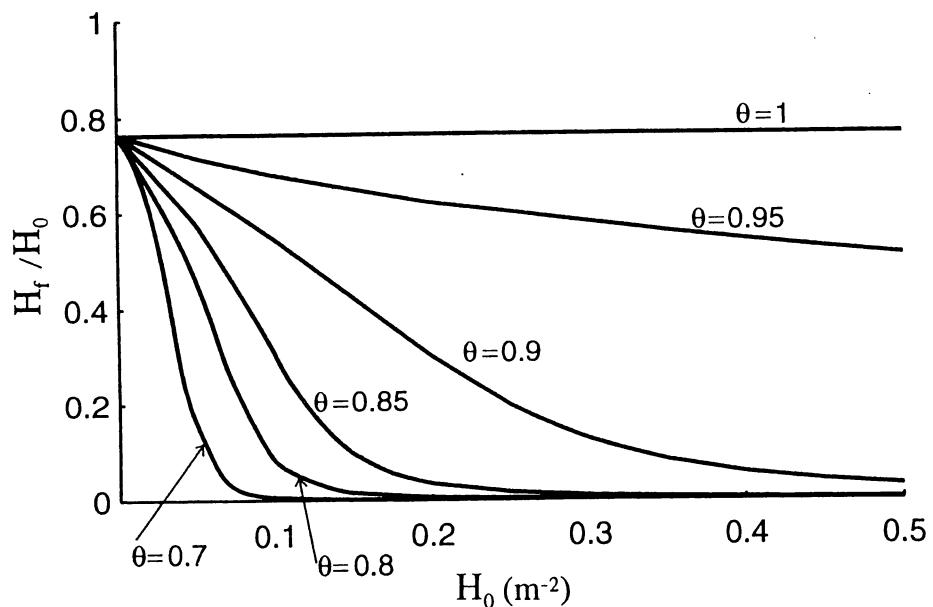


図1. 初期マツ密度と流行マツ密度の関係

縦軸は初期マツ密度に対して最終的に残っているマツの割合、横軸は初期マツ密度。初期カミキリ密度を0.015に固定して駆除率 θ を様々なに変えたときのグラフ。

多重マップの自己組織化

白倉 準, 倉田 耕治, 青西 亨
大阪大学 基礎工学部 生物工学科
〒560 豊中市待兼山町1-3

脳の高次の領野が処理しなければならない情報は、非常に次元の高い空間の所々にクラスタを成しているはずだが、信号空間全体は非常な高次元でも、個々のクラスタに着目すれば、その多くは高々数個のパラメタでパラメトライズできる場合が多いと予想される。このようなクラスタをカテゴリと呼ぶことにする。異なったカテゴリどうしは、おおむね無相関（ほぼ直交している）と考えてさしつかえないだろう。そのような構造の情報を一枚の神経場（皮質領野）で表現する場合、ひとつ的方法は、神経場をカテゴリの数だけの小領域に分割し、それにひとつのカテゴリのマップを作ることである。これを棲み分けマップと呼ぶことにする。実際、側頭葉にそのようなマップが見つかってい。

しかしもう一つの選択肢は、各カテゴリのマップを一枚の神経場全体に重ねて実現する方法である。これを多重マップと呼ぶ。ただしその場合、神経場のひとつの細胞がすべてのカテゴリにひとつずつ受容野をもつことになる。したがって、神経場の発火だけではどのカテゴリの情報を表現しているか分からなくなるから、別の場所にカテゴリの種別を表わす細胞群を持っていなければならない。つまり、多重マップの情報表現は分解能は高いが一義的ではないので、低分解能でカテゴリの種別だけを表わすカテゴリ弁別細胞群と併せて完全な情報表現となる。これはちょうど時計の長針と短針のような関係であり、複数の細胞の発火の組み合わせによる情報表現である。

多くのマップ形成モデルでは、シナプス荷重ベクトルと入力ベクトルの内積によって各神経場細胞への入力総和が与えられ、神経場上で最大の入力総和をもらった細胞とその周囲の領域が発火すると考える。そのような自己組織モデルに、ひと

つのカテゴリの入力だけを次々に与えて学習すれば、神経場全体に広がったマップが形成される。仮に、このときのシナプス荷重をすべてのカテゴリのマップに関して重ね合せれば、多重マップは実現できる。なぜなら各カテゴリは互いに直交しており、あるカテゴリに属する入力にたいして、シナプス荷重ベクトルに含まれる別のカテゴリの成分は影響しないからである。

問題は、全てのカテゴリの和集合からランダムに選んだ入力情報を次々に学習することによって、このような多重マップを自己組織的に形成する生理学的にも自然なモデルは作るにはどうしたらよいかである。よく用いられる Kohonen の SOM のように、シナプス荷重の正規化を採用しているモデルでは多重マップを作ることは難しい。なぜなら正規化によってシナプス荷重ベクトルに含まれる各カテゴリの成分の間に競合が生じ、各々の細胞は結局どれかひとつのカテゴリだけに反応するようになるからである。これでは棲み分けマップになってしまう。そこでわれわれは、甘利の学習神経場モデルが正規化を用いてマップを形成していることに着目した。

甘利モデルでは、シナプス荷重の正規化の代わりに個々のシナプスの減衰と一個の抑制性細胞の存在を仮定している。この抑制性細胞は常時発火して神経場の全ての細胞に抑制性の信号を送り続けている。神経場のある細胞の受容野が広がりすぎると発火頻度が高まる。すると抑制シナプスの Hebb 学習によって抑制が強まり、その細胞は発火しにくくなる。こうして抑制性細胞は神経場の細胞の発火率を通じて細胞の受容野のサイズをコントロールし、結果的にはシナプス荷重ベクトルの正規化と同様にマップを神経場全体におし広げる役目を果たしている。われわれはそのような抑

制性細胞を複数個考え、入力信号はカテゴリに応じてそのうちのどれかを興奮させると考えた。つまり全ての神経場細胞を可塑的に抑制するカテゴリ別細胞を考えるのである。カテゴリ別細胞は競合学習で容易に作ることができる。こうすれば神経場の細胞のシナプスペクトルの変化は、互いに直交する各カテゴリの成分ごとにお互い全く干渉なく独立に進むので、各カテゴリのマップは神経場全体に広がり、多重マップが形成される。

また 1000 次元の入力信号空間内に乱数によって生成した互いに無相関なカテゴリを使って、カテゴリが完全に直交していなくても多重マップが形成されることをシミュレーションによって確認した。

このモデルでは、カテゴリ別細胞は情報表現上必要であるばかりではなく、抑制性信号によってマップの形成をコントロールし、多重マップの形成にとって重要な役割を果たす。

自己組織多重地図は、比較的簡単な仕掛けのわりに、今までの自己組織地図モデルにない多くの長所がある。すでに書いたこと以外に、マルチ・レゾリューション的な情報表現である、機能地図をおばあさん細胞仮説から解放できる。また、追加学習が容易であるということも画期的な長所である。例えば、ふたつのカテゴリの学習が完了したあとに新たにもうひとつのカテゴリが入力信号に加わったとしよう。棲み分けマップの場合は、ふたつのカテゴリに神経場が二分されているところに三番目のカテゴリが割り込んでいくわけだから、先に学習したふたつのカテゴリに割り当てられた領域が縮むことになる。このため、新たなカテゴリの学習によって学習済みのカテゴリのマップが大きな影響をうけ、その情報表現を利用している脳の他の部位にもすべて再学習が要求される。これに対して多重マップの場合は、すでにあるマップに重ねて新たなマップが形成されるので、既存のマップにはあまり影響はない。

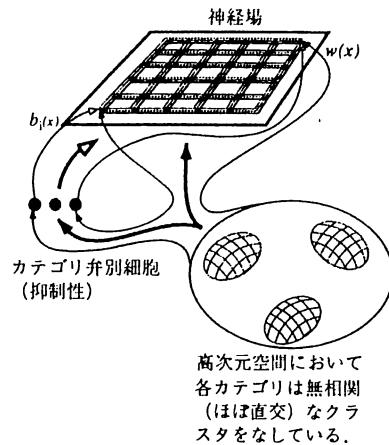


図 1: 多重マップモデルの構造.

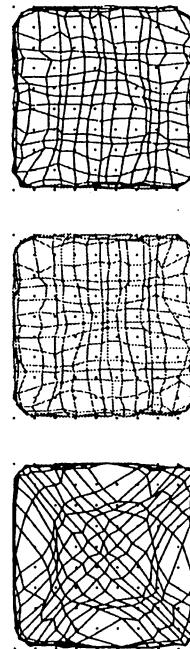


図 2: 多重マップ。3つのカテゴリが1枚の神経場にマップする様子。各カテゴリに属する入力ベクトルを与え、すべての細胞の net-input の大きさを計算し、大きい方から 5つまでを選び出し、net-input で神経場上の位置の荷重平均を計算して入力信号に対する対応点とする。パラメタ (θ_1, θ_2) の空間内にとったメッシュがどのように神経場上にマップされるかを示したものである。黒い点は神経細胞の位置。時間差分 0.001 で 5,000,000 回、時間差分 0.0001 で 5,000,000 回計算した。 $\alpha_1 = 1.0, \beta_1 = 1.2, \alpha_2 = 1.0, \beta_2 = 0.5, \sigma = 1.0$ 。 (α_2, β_2) について Appendix を参照。)

ウイルス性肝炎の数学モデルによる インターフェロンの効果に関する研究

神戸大学大学院自然科学研究科 五島 裕庸

1 はじめに

肝炎ウイルスは A,B,C,D,E 型の 5 種類あると言われる。このうち B 型と C 型は慢性化することが知られており、一度慢性化すると自然治癒することは少ない。インターフェロンを用いた治療が近年行われているが、有効率は 30% 程度にすぎない。本研究では、ウイルス性肝炎にみられる多彩な臨床経過を示すような、必要最小限の発病要素、発病因子による簡単な数学モデルの構築を行う。さらに、インターフェロン治療をモデルに適用し、症状にあった最適な投与量の推定を行う。

2 肝細胞、T-cell、B-cell、ウイルスの 4 変数による数学モデル

肝炎発症機序 [1]、免疫系の働き [2]、Dudley の仮説 [3] をもとにウイルス性肝炎を肝細胞、T-cell、B-cell、ウイルスの 4 変数の数学モデルで表現する。また、4 変数の関係を Fig.1 に示す。

$$\frac{dN}{dt} = a(N^* - N)N - dpVNT \quad (1)$$

$$\frac{dT}{dt} = eTV - b(T - T^*)T \quad (2)$$

$$\frac{dB}{dt} = gB(T - T^*) - c(B - B^*)B \quad (3)$$

$$\frac{dV}{dt} = dhVN - mVB \quad (4)$$

$N(t)$: 肝細胞数 N^* : 正常時の肝細胞数

$T(t)$: T-cell 数 T^* : 正常時の T-cell 数

$B(t)$: B-cell 数 B^* : 正常時の B-cell 数

$V(t)$: ウィルス数

a : 肝細胞増殖率

b : T-cell 死亡率

c : B-cell 死亡率

d : ウィルスの肝細胞侵入率

e : ウィルスを認識することによる T-cell 増殖率

g : T-cell からの刺激による B-cell 増殖率

h : ウィルス増殖率

m : B-cell によるウィルス中和率

p : T-cell が感染細胞を攻撃する率

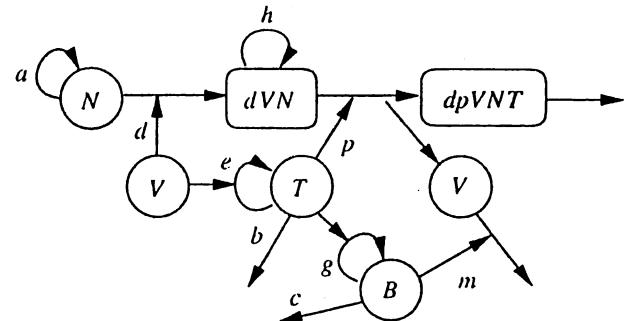


Fig. 1: Relationship between Variables and Parameters : ここで dVN は感染細胞、 $dpVNT$ は肝炎細胞を意味する。また図中 h は感染細胞の増殖ではなく、細胞内のウイルスの増殖を意味する。また外向きの矢印は消滅を意味する。

このモデルは以前に発表したもの [4,5] の改良となっている。本モデルの平衡点は 2 組存在し、それぞれ健康状態、疾病状態に相当する。平衡点まわりの線形化系の安定性について、 h 、 p をパラメータに取り調べたものを Fig.2 に示す。

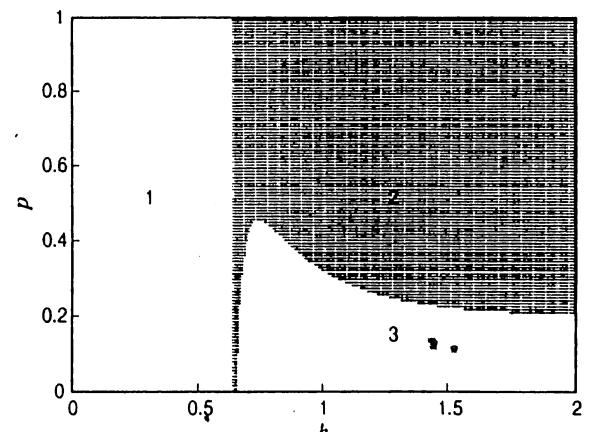


Fig. 2: Stability Chart (h : multiplication rate of virus, p : cellular immunity rate)

これよりウイルス性肝炎の状態は 3 つに分かれる。Fig. 2 の領域 1 は第 1 平衡点が安定で、この領域は健康状態に相当する。ウイルス増殖率が低いので細胞性免疫力には関係なくウイルスは排除される。第 1 平衡点が不安定で、第 2 平衡点が安定なのが、2 の領域である。この領域は疾病状態で、パラメータの値により臨床的に急性肝炎、劇症肝炎、不顕性感染に相当する。また第 2 平衡点も不安定なのが 3 の領域である。この領域では、細胞性免疫力が弱くウイルスを排除しきれないため、リミットサイクルを生じ、臨床的に活動型慢性肝炎に相当する。

3 シミュレーション結果

肝炎の診断に GOT や GPT の血清酵素の測定値が用いられている。これらは T-cell が感染細胞を破壊することにより分泌されるため、(1) 式第 2 項 ($dpVNT$) に相当すると考えられる。Fig. 2 の 3 の領域のパラメータでのシミュレーション結果を Fig. 3 に示す。

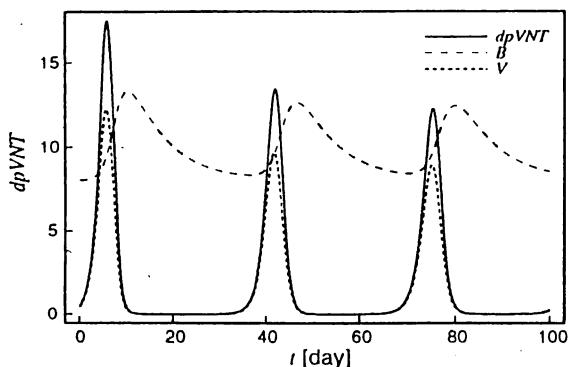


Fig. 3: Chronic Hepatitis

周期的に肝炎が発症しており、臨床データと比較的一致した結果が得られた。またウイルス増殖後、遅れて B-cell が増殖するといった、免疫系特有の遅延が表現できている。

4 インターフェロン治療

インターフェロンの抗ウイルス作用として、細胞内でのウイルスの増殖を抑制する働きと、ウイルスの細胞への侵入を妨ぐ働きがある [6]。本モデルにおいては、 h, d がインターフェロン投与によって抑制されることになる。

被検血清中の DNA-p 活性は、血液中のウイルス DNA 量を示し、肝細胞中のウイルス量に対する指標として利用される。投与前の DNA-p 活性を 100 とすると、インターフェロンを 3MIU(Million International Units), 6MIU, 10MIU 投与後の DNA-p 活性は、それぞれ 90, 75, 60 となる [6]。ここで、インターフェロンの投与量とウイルスの増殖抑制は比例の関係にあるとし、線形回帰分析を行い、次の式を得た。

$$y = -0.04x + 1 \quad (5)$$

ここで、 y は投与前を 1 とした時のインターフェロン投与後のウイルスの増殖率を、 x はインターフェロンの投与量 (MIU) を意味する。

インターフェロン投与後 24 時間後のウイルス増殖率 h' 及び肝細胞侵入率 d' の関係は、(4) 式と (5) 式より次の式で表わされる。

$$d' = \frac{d \times h \times y}{h'} \quad (6)$$

(6) 式を用いて、慢性肝炎 ($h = 0.8, p = 0.2, d = 0.05$) に対して $230 < day < 400$ の間、インターフェロン投与を行った 5MIU, 6MIU 投与した場合のシミュレーション結果をそれぞれ Fig. 4, Fig. 5 に示す。

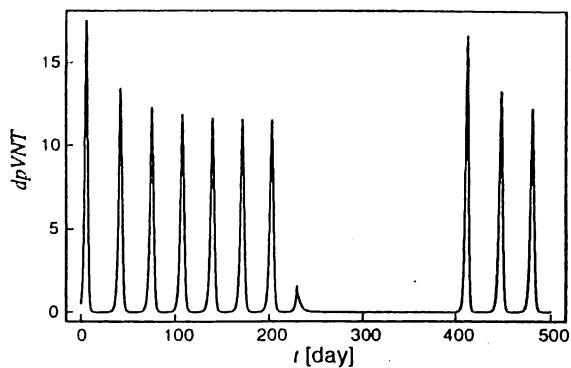


Fig. 4: Treatment with 5MIU

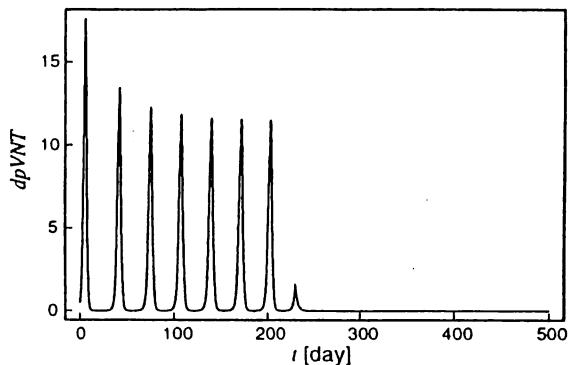


Fig. 5: Treatment with 6MIU

5MIU 投与の場合、投与中は肝炎がほとんど発症しておらず治癒したように見えるが、投与後は肝炎が再発している。一方 6MIU 投与の場合、投与後も肝炎が発症せず、治癒したことが分かる。これ以上投与しても治癒するが副作用を考えると、この症状には 6MIU 投与するのが適切であることが分かる。

5 まとめ

インターフェロンの投与量と本モデルのパラメータの関係を臨床データから推測することで、その症状にあった適切な投与量の推定を本モデルが可能にした。また、臨床では連日投与を行うと、インターフェロンの効果が弱められることが知られている。このことを無視したため、投与期間の推定は行えなかった。今後は、投与期間の推定できるモデルの構築を行いたい。

参考文献

- 高久 史磨、鈴木 宏：“COMMON DISEASE SERIES 9 肝炎”、南光堂 (1989)
- 矢田 純一：“免疫からだを護る不思議なしくみ”、東京化学同人 (1987)
- F.J.Dudley, R.A.Fox, S.Sherlock: “Cellular Immunity And Hepatitis-Associated, Australia Antigen”, The Lancet, April 1 (1972)
- 北村、降旗：“3 階非線形微分方程式による B 型肝炎の記述”、第 32 回システムと制御研究発表講演会 (1988)
- 北村 新三：“生体における自己組織化現象”、自己組織化の科学 (北森、北村編) オーム社 (1996)
- 飯野 四郎：“C 型肝炎の最新ガイド”、南江堂 (1994)

永い永い海外での生活と英語の上達

吉村 仁（よしむら じん）／静岡大学工学部システム工学科（進化生物学）

1982年8月に大学院留学のため渡米して以来、去年12月に帰国するまで、一時的な帰国を除いては、約14年半の永きにわたって海外で研究・生活してきた。といっても、始めから勇んで研究しようと留学したわけではなく、行きづまってやむなく留学し、その後も場当たり的に研究生活を維持しようとしているうちにいつのまにか14年が経ってしまった次第である。まず、略歴をあげると、

1982-1989年：ニューヨーク州立大学環境科学林学大学（米国シラキュース市）

1989-1991年：ブリティッシュ・コロンビア大学（カナダ、バンクーバー市）

1991-1992年：ニューヨーク州立大学ビンガムトン校（米国ビンガムトン市）

1992-1994年：デューク大学（米国ノース・カロライナ州ダーラム市）

1994-1996年：インペリアル大学シルウッド校（英国バークシャー州アスコット市）

以下に海外での生活・研究を順を追って書いていく。その話の中から日本との違いなどをくみ取っていただけたら幸いである。

筆者はまず1978年に千葉大学理学部生物学科（沼田真研究室）を卒業し、その後研究生及び東京農工大学大学院の中途退学を経て、渡米した。1982年8月にニューヨーク州シラキュース市に行き、9月から同市にあるニューヨーク州立大学環境科学林学大学の大学院博士課程に生物学専攻で入学した。ニューヨーク州立大学は、スニー（SUNY）としてよく愛称・略称で呼ばれるが、ニューヨーク州全土に約60校あり、各々が別々の大学である。多くの学部(College, School)を持ち、大学院博士課程まであり、中心的な総合大学として考えられているものが、それぞれ都市や町の名前をつけて呼ばれる、スニー・アルバニー(SUNY-Albany)、スニー・ストーニイ・ブルック(SUNY-Stony Brook)、スニー・バッファロー(SUNY-Buffalo)、スニー・ビンガムトン(SUNY-Binghamton)の4校である。その他の多くの大学は4年生大学か大学院修士課程までの大学である。これらの一般的の大学とは別に特別な分野のみの単科・専門大学・大学院があるが、それらの多くは普通、コーネル大学の人間生態学や農学のように他の私立大学に組み込まれているか、併設されている。筆者の留学した環境科学林学大学は私立のシラキュース大学(Syracuse University)に併設されている環境科学及び林学の専門大学である。コーネル大学では、州立大学にあたる専門学部が私立のコーネル大学自体によって管理運営されているが、シラキュースでは全く別大学として運営され、学生の授業の交換など相互扶助をしていた。もちろん、州立大学なので、学費は、ハーバード大学などと言われ当時年間約1万ドルかかったシラキュース大学の何分の1かである。さらに州内の居住者の学費は州外からの学生に比べてまた何分の1かでほとんどただに近かった。アメリカ人学生は州外から来ても2年後には州内居住者として申請できたが、

外国人はずっと州外扱いであった。あとで聞いた話だが、コーネル大学でも、学生および教官の学部の所属により私立所属か州立所属かで極端な違いがあるということである。

筆者の留学した大学は、当時学部生は3、4年のみで短大の卒業生やシラキュース大学などの2年次を終える転入生を取っていた。大学院は修士課程と博士課程が並列しており、学生の能力、研究受け入れ教授の有無などから判断して隨時決定していた。つまり能力があると見られた学生は始めから博士課程に入学でき、3年で博士を取得することも理論的には可能であった。しかし実質的には、修士課程を修了した学生が博士課程に進学することが多かった。筆者は修士課程を中途退学したが、運良く（実力が認められて？）博士課程に入学できた。この生物学教室は正式には環境及び林学生物学教室と呼ばれ、生物学といつても森林昆虫学や野生動物学などの応用的な色彩の強い生物学教室であった。生物学教室では内部の運用規定としていくつかの専修コースが設けてあり、大学院生はそのどれかに所属し、その規定を満たさないと大学院を修了できなくなっていた。筆者は生態学の専修を希望していたが、入学してみると昆虫学専修になっていた。これは、昆虫学専修に中津川先生という日本人の毒物学の先生がいて親切にも筆者の申請書類を昆虫学専修の委員の人達に回して入学許可をとってくれたからであった。はじめはどうしようかと思ったが、この専修コースは自由に変わることができるとわかり、のちの卒業時には、動物学専修に変わった。そして、博士の資格では、この専修は関係なくただ生物学専攻と出るだけであった。このように大学によって自由に大学内の規定や入学許可などを運用しているようであった。大学院の入学許可は、応募者個人を審査するのであり、決まった期日の試験というような日本みたいな入学制度とは全く異なっていた。

1982年8月に留学して、始めの数ヶ月間は英語がわからず雲をつかむような感じであった。しかし、半年するとなんとか話していることが分かつてきたり。この時の半年間、韓国の昆虫学研究所から大学院博士課程に留学していた研究者とアメリカ人の博士課程の男子学生、修士課程の女子学生、計3名と同室していた。半年たった12月中旬、2年間留学で来ていた朴(Park)氏(韓国人研究者)が博士論文の審査をのこして帰国することになった。彼は1年後位に博士論文の審査を受けにきて博士(Ph.D.)を取得して戻っていった。彼の帰国する頃、アメリカ人の男子学生が筆者に「ぼくたちの英語が分かるようになったみたいだね。韓国からきた彼とは、ずいぶん英語の学び方が違うね。」と言われた。そこで詳しく聞いてみると、「彼は2年間居たけれども決してぼくらの間で話を理解しなければできないようなことを聞いてくる」。確かに彼・彼女らはよく学部内のゴシップを話しているので、机にむかって勉強していても耳に入ってくる。つい「おい、ほんとうかよ。」ということになるのではあるが。ところが、朴氏は筆者より英語を書くのが数段うまいのである。アメリカ人の彼とよく話してみて分かったのは、朴氏は、会話も作文も英語と韓国語の間の翻訳をとおしているので模範的な文章を使うが、アメリカ人の学生たちがゆっくり話している時は分かるが、ある速さを越えると翻訳の

スピードが間に合わなくなるらしい。それに比べて筆者は、子供が初めて言葉を学ぶように英語は英語で聞いて考えているので、どんなスピードでも会話についていくが、話し方は随分いいかげんだ。要するに、どっちもどっちである。筆者が、このように英語で考えるようになったのは、二年前に結婚した妻を日本において単身で渡米、半年間ほとんど英語環境のなかで暮らし、よく議論し、新聞雑誌なんでも拾い読みし、無我夢中になって勉強したことが効いているらしい。朴氏が英語で考えられなかつたのは、奥さんを連れてきていて家に帰ると韓国語を話していたためらしい。

ここで注意してほしいのは、アメリカの英語環境に居ても英語を沢山使わなければ、英語で思考し仕事をしていくのは難しいということである。昔知人に数週間渡米した人が笑いながら筆者に語ったのであるが、1週間もすると英語で考えるようになったが、とたんに考えることが食べ物・買い物など即物的になり全く貧相になってしまったということである。また、留学生のなかに英語環境にどっぷり浸かって日本語がおかしくなる人がいたが、どうもそういう人は日本に居るときから本もほとんど読まず言語にうとい人が多いようである。筆者は半年間英語環境に浸かっていたわけであるが、そのあと日本語に飢えて日本人の書いた探偵小説をかたっぱしから読み漁り、無くなると純文学でも何でも日本語で書いてあるものを読んでいた。

初め昆虫学専修ではじめたのであるが、次の年(83年)の春に、アドバイザーと呼ばれる主任教授がFrank E. Kurczewskiという昆虫学専門でカリバチの生活史を研究している教授から、William M. Shieldsというツバメの社会性の実験研究や性の進化の理論研究をしている新進気鋭の進化生態学者に代わり本格的に行動・進化生態学を研究することになった。そして、渡米以前から研究していたモンシロチョウの成虫の行動プロセスをビデオカメラを使って解析し始めた。

その後、渡米2年ですべての必要科目を取得し、Candidacy Examまたは Comprehensive Exam(大学によって呼び方が違う)という論文提出資格の試験を2年目の終わりにパスしいつでも卒業できるようになった。ところが、英語は、それからいっこうによくならず、といつても話は聞けるようになり曲がりなりにも通じるように話せるのであるが、文章がうまく書けないのである。そして、曲がりなりにも論文の文章が書けるようになったと主任教授に認めてもらったのはじつに5年後の1987年である。その間、原稿にして高さ1メートル位は書いたのではと思う。その後、89年に博士を取得したが、160頁に及ぶ博士論文の7割以上は博士取得直前の4-5ヶ月に書き上げている。

博士課程を終えると、博士研究員または客員研究員としてカナダ西岸のバンクーバー市、アメリカ、シラキュース市の南、車で1時間ちょっとのニューヨーク州ビンガムトン市、ノース・カロライナ州ダーラム市、そして、最後にイギリス、ロンドン西郊のアスコット市にあるインペリアル・カレッジへと1-2年ごとに移っていましたが、徐々に文章を書くのがうまくなっていました。しかしながら、話し言葉はほとんど変わっていないうであった。唯一の改良点は、イギリスの英語に慣れ親しんだというくらいである。ところが、英作文は、会話とは異なり書けば書くほど上手になるらしく、主任教授は筆

者にどんどん上手に書くようになったと言っている。

イギリスでの英語の経験を話そう。渡英してすぐロンドンのローヤルソサエティの2日間のシンポジウムに聞きにいったが、20位の講演のうち半分くらいがアメリカの研究者であった。目をつむっててもぼけっとしていても一字一句耳にはいるようであったが、残り半数位のイギリスの研究者の講演は、雲をつかむような感じで、よっぽど集中して聞くかないと分からなかった。ところが、2年後の帰国寸前に動物学協会のシンポジウムへ行った時は、なんの違和感もなく欧米人の講演を聞くことができた。また、さらに驚いたことに、今まで聞き取りにくかったオーストラリア、ニュージーランドの人の話が聞き取れるようになってきた。多分、彼らの方言がアメリカの方言と反対方向にいった部分があるのではと思われる。

以上のように英語は、使うことによってはじめて上達するのであり、使えば使うほどうまくなるし、使わなければ、アメリカやイギリスに居てもうまくならない。また会話は半年から1年位の比較的短期間でうまくなるが、英作文は長期間かけて徐々に上達するものらしい。

最後に今回うれしくも帰国でき、九州大学の巖佐庸・松田裕之両氏ほか多数のお世話になった方々にお礼を申し上げたい。

終わり

日本脱出記

原田泰志（三重大学生物資源学部）

昨年3月下旬から6月中旬の3ヶ月間、カナダ・バンクーバーのブリティッシュコロンビア大学(UBC)のFisheries Centreに、そしてその後、8月末まで、ノルウェーのベルゲン大学のInstitute of Fisheries and Marine Biologyに、文部省短期在外研究員として滞在する機会を得た。始めての長い外国滞在の5ヶ月ちょっと。長いようで、短い滞在だった。

バンクーバー

バンクーバーはカナダにある。この先入観から、三重よりすくなくとも寒いだろうと考え、コートをもって3月20日に成田をたった。しかしついてみると、桜がもう咲いている。結局コートには一回もそでを通さずじまい。しかし、その後3ヶ月、気温はあまり上がらず、よくいえばすこしやすい、悪くいえば暗い日が多くなった。

UBC Fisheries Centreでは、所長のTony Pitcher教授のお世話になった。Pitcherさんは、イギリス出身でもともとはトゲウオ類などの行動研究をしておられた方で、徐々に水産資源管理研究に重心を移され、現在は多くの学生やポストドクとともに、水産資源管理のさまざまな問題を、実地、数理の両面から研究されている。とくに魚類が群れをつくることの資源管理上の意義について、ノルウェーでの高性能魚群探知機を用いたフィールドワークと数理的研究との両面から研究されている。なにやらこの魚群探知器は非鉄製の機雷探査用につくられたものらしく、ビデオカメラで見るよう群れの中の個体の行動が見えるようである。といっても、センターのさまざまな研究会のとりまとめなどの所長としての仕事や、Chapman & Hall社から出ているReview in Fish Biology and Fisheries誌および単行本のFish and Fisheries Seriesの編集の仕事で非常に多忙な日々を送っておられ、なかなかCentreでは自身で研究はできないというのが現実のようであった。

Centreには氏のほかにも、Carl WaltersやDaniel Paulyといった資源管理研究の有名どころがおられ、またCentreと同じHutには、ダーウィンフィンチやトゲウオの研究で有名なDolph Shuluter、また隣接するHutには私（37才）と同年代のものがお世話になった生態学の教科書で有名なCharles Krebsら、多数の生態学研究者がいた。ここでいうHutとは言葉どおりのもので、戦後すぐに急作りでこしらえられた、床がぎしぎしい、窓のない部屋が多数ある建物である。考えてみれば、生態学や水産資源学をやるにはぴったりの建物とある意味でいえなくもなく、日本では立派な建物にいながら、つまらない成果しかあげられない自分が恥ずかしくなる。

この3ヶ月、私は、研究会やセミナーに顔を出したり、原稿書きをしたり、研究所を訪問したり、サケの孵化場や増殖施設、水産会社などを見学にいったり、シアトルのUniversity of Washingtonであった「水産資源学大学院生シンポジウム」にもぐりこんで講演したり、おもに勉強と充電の日々を送った。

カナダでは、大西洋の北部タラ資源の管理の失敗、太平洋側のサケ資源の不振などがあり、漁業は国民的関心事項となっている。そのなかで、なにもかも規制で管理す

る中央集権的な資源管理への反省のうえに、日本的な地域共同体の自主性にまかせたかたちでの漁業管理を指向する動きなど、変革の試みがあり、興味深かった。そして、おもに文献と研究者の話をもとにしてとはいって、そのような中に身をおいて資源管理について考えることができたのは、非常に有意義な経験であった。いわゆるがなではあるが、生態学のモデルの発想を得るのに、いろいろな自然を見るのが有意義なようだ。資源管理の数理的研究をすすめる上でも、いろいろな資源におこっている現実を見るのが有意義であった。

セミナーは週に2、3回、主に昼食時に非常に気楽な雰囲気で行われる。生態学関係のセミナーには Krebs や、数理的な資源経済学の業績で有名で、最近は動的最適化法を用いて行動生態学の問題を研究している Colin Clark らも、サンドイッチやリンゴをかじりながら参加していた。しかし、つまらないと感じると大先生も居眠りされるし、また他の参加者も遠慮なしに出ていたりするので、発表している院生やポスドクには非常なプレッシャーであろうと思った。

滞在中には、東大洋研の大学院生（修士2年）の勝川君がおしかけてきて、Centre でセミナーをやったうえ、20日近く滞在していった。なかなか度胸のある奴である。彼は往復 7.5 万の格安切符でやってきて、最初は大学内の学生寮に泊まり、後半は UBC の日本人大学院生のアパートにころがりこんでいた。変動する資源の管理についての彼の新しいアイデアは、Pitcher さんの目にとまり、近々、Reviews in Fish Biology and Fisheries 誌に、予報がのことになっている。なかなかできる奴である。学生のみなさん。カナダなら物価もまあまあ安いし、飛行機代も安いので、おこづかいためたら行けます。だから、知り合いが長期滞在していたら、迷わずおしかけて行って、見聞を広めてください。

センターでは、非常に多くの大学院生が数理モデルを用いた研究をやっていた。群れの動態を IBM でシミュレートしていた Taja Lee (中国&日本系カナダ人) 、禁漁区の効果をモデルで解析していた Sylvie Guenette (フランス語圏からのカナダ人) 、捕食者であるタラを獲る漁業と被食者であるシシャモを獲る漁業の関係をゲームの理論を用いて解析していた Rashid Sumaila (ナイジェリア人) 、漁業と資源の相互作用モデルを用いて資源崩壊の理論的研究をしていた Steve Ackinson (イギリス人) 、サメの資源管理モデルを研究していた Ramon Bonfill (メキシコ人) 、ダイナミック・プログラミングによりベニザケ *Oncorhynchus nerka* の最適回帰経路をモデル化していた Leonardo Huato (メキシコ人) 、やはりベニザケについてユーザーインターフェースにもこったシミュレーションモデル NerkaSim をつくっていた James Scandol (オーストラリア人) 、イワシの資源崩壊をモデル化しようとしていた Marcello Vasconcelas (ブラジル人) ...。カナダ、とくにバンクーバーはもともとさまざまな民族がくらす場所だが、Fisheries Centre はそれ以上に人種のるつぼであった。しかし、興味深いことに、キャンパスにあふれている中国系学生が、Centre にも生態学系の研究室にもほとんどいない。

数理生物学的研究をやっている研究者は、あちこちにいるようで、生態学系にも、Colin Clark のポスドクの3人をはじめ、何人も数理をやっているものがいたし、林学や、当然、数学系にもいる。しかし、相互の交流があまりないようであるのは若干奇妙であった。また、林学系の大学院に坂井君という日本人の学生がおり、森林生態

学分野でカオスの出てくる数理モデルを用いた研究をしていた。彼には、懇談会への入会をすすめたのだが、どうしただろう。彼はドクターコースをできれば日本でやりたいといっていたのだが、一つの問題はカナダの大学院の修了が5月であることだった。日本のドクターコースは通常4月入学であり、5月修了4月入学だと、ほぼまるまる一年、むだにしてしまうことになる。日本でも、一部の大学や研究科は、10月入学を認めるようだが.....。

そうそう、懇談会といえば、名古屋大学の吉森さんが5月から10ヶ月、UBCに滞在しておられた。ニュースに報告をのせられる日も近いと思うので、期待したい。

ベルゲン

ベルゲンは雨の町である。バンクーバーも雨が多いが、それに輪をかけて雨が多いのがベルゲンである。私が6月20日に行ってからも、週のうち5日は雨が降った。天気が悪いと、8月なのに昼間の気温が12度とか。それが天気がよくなると、日照時間が長いせいもあり、30度以上にあがってしまう。

こちらで私が滞在した Institute of Fisheries and Marine Biology は High Technology Center というモダンなビルにある。こちらでは漁業はハイテクなのである。Fisheries Centreとの落差に戸惑ってしまう。お世話になった Systems Ecology Group は、Dag Aksnes 教授に率いられており、海洋生態学と数理生態学の研究をしているグループである。

Aksnes 教授のグループの主要テーマは、海洋での観測も含む、海洋の物理的環境を重視した生態系生態学の分野にある。彼はもともと物理の出身である。なにやらシステムエコロジーというと、たくさんのコンパートメントがものすごくりまじった複雑なモデルを作つて解析するようなことをイメージするのだが、かならずしもそうではなく、たとえば、フィヨルドの外洋への開口部の深さによってフィヨルドの生産力を説明するモデルや、なぜあるフィヨルドはクラグだらけなのに、あるフィヨルドはそうならないのかについての仮説など、非常に単純なアイデアで、大きなパターンを説明しようとする、興味深いものであった。生活史戦略に関する問題もいろいろなアプローチからやっておられる。たとえば、フィヨルドの生態系の重要な要素であるハダカイワシの生息場所選択の問題を理論・実地両面からやっており、私が今でがけている通し回遊魚の生活史進化の問題との関連からも興味深かった。フィヨルドという場所は、池のようにおだやかでありながら深海まであるという海洋生物の研究に非常に便利なフィールドを提供しているだけでなく、その多様なありかたがいろいろな数理的研究のアイデアを提供しているようであった。

ノルウェーでは、プロジェクトで雇われている研究者が非常に多い。Systems Ecology Group にも、40代前半の Aksnes 氏と同年齢くらいの人も含め、多数の研究者がプロジェクトで雇われて仕事をしていた。彼らはその不安定な身分を不安に思っており、できれば Faculty Member になりたいとがんばっておられるが、一方、Aksnes 教授は「彼等はサイエンスだけをしていればよいが、自分たちはプロジェクトを維持するためなどさまざまな雑用にふりまわされてばかりで実際の研究はなかなかできず、彼らがうらやましい。近年でサイエンスをしたのは1年前、サバティカルで Scripps の海洋研究所にいたときだけだ。」といっていた。まあ、冗談半分では

あつたし、氏は非常に若くして教授になってしまわれたので、そういうことをいわれるのかもしれないが、外部からも高く評価されている研究グループをきりもりしていくのは、非常に大変な仕事のようである。

なお、プロジェクトで雇われている研究者が多い理由の一つには、ノルウェーの社会福祉の充実があるということである。とにかく、働いていても働いていなくても生活は一応大丈夫だし、給料は職業にあまりよらない（らしい）。そのため、短期契約の仕事をくりかえしていくような生活も、生活保障の点ではそう問題にはならない。そのせいもあって、プロジェクトで雇うようななかたちでの研究者雇用が多くなるのだとことだったが、研究の継続という観点から考えても不安定であるのは間違いない。社規福祉だけでなく、教育に対する公的補助も非常に充実しており、大学は授業料無料、また図書館のコピーもだれがいっても無料であった。反面、税金は非常に高く、それを反映して物価は日本以上に高かった。学生のみなさん。飛行機代も高いし、物価も高いし、お金のある人以外、ノルウェーにおしかけていくのはよく考えてからにしたほうがいいかもしれない。

ノルウェーではガイランゲルというフィヨルドの中心地のような場所で開かれた研究会、International Workshop: Assessment and Distribution of Harvest Quotas in Fisheries にも参加した。これは、経済学者が中心に参加した水産資源管理に関する研究会である。日本ではありません直接ふれることができない、この分野の研究に直接ふれることができたことは視野を広めるうえで非常に有意義であった。なお、この研究会についての報告を水産海洋研究誌60巻4号に行ったので、よろしければご覧になってほしい。

以上、バンクーバーとベルゲンのことを思い出しながら、とりとめもなく書いてきた。日本に帰ってからのはたばたした余裕のない生活から考えると、夢のような時間であった。この2つの町で学んだ有形無形のさまざまをかてに、元気に日本での研究を発展できそうである。この滞在を可能にしてくださったたくさんのかたがたに感謝して筆をおきたい。

NCEAS というところ

東大広域システム 学振特別研究員 津田みどり

私が平成 8 年度秋冬を過ごした National Center for Ecological Analysis and Synthesis (NCEAS) は、この春設立 3 年目を迎えるごく若い研究機関である。これまで個別に取り扱っていたデータを横断的に解析し、新たな生態学の法則を発見するという理念のもとに設立された。現在 20 を越えるプロジェクトグループが、それぞれにビッグなテーマを掲げてこのセンターに集ってくる。各グループは野外・実験室生態系生態学者に統計・理論生態学者という構成だったり、地質学者を取り込んでいたり、そのサイズも 2 人から 20 人近くまでと様々である。そのようにして、各グループが年 2、3 回の頻度で会合を開くので、月 2 回のペースで米国内外の研究者と知り合う機会に恵まれた。

普段は、10 人を越えるポスドク、少数のサバティカル、そしてコンピューター技術者 4 人を含むスタッフらが常駐している。ポスドクはセンター直属の者と、近くにある UCSB (University of California at Santa Barbara) の所属、さらには他大学、そして英国 CPB, Silwood Park とこの NCEAS 双方に席を置く者と様々である。海外からの滞在研究は今のところ私のみであるが、刻一刻と高まる NCEAS の知名度に伴い、世界の幅広い研究者層を惹きつけるに違いない。

さて、ここでの私の研究活動は、Complex Population Dynamics というプロジェクトグループの活動に参加する傍ら、Peter Turchin 氏、Steve Ellner 氏や Brian Dennis 氏と共同して、非定常時系列の解析法を開発し、実験室・野外の捕食系時系列データに適用することを目指している。また彼らのいない日常は、毎週カジュアルなポスドク会合があり、昼食を片手に近くの公園にてそれぞれの研究について語り合い、金曜日には喉を潤すという集いになることもあった。UCSB まで足を伸ばせば、大学院セミナーにも参加することができる。帰国の途に、そのセミナーで知り合った Ann Sakai 氏を介して、UC Irvine の Larry Mueller 氏を訪ねた。氏のショウジョウバエの密度依存選択実験系は、私の進化するマメゾウムシとの比較で大変おもしろく、その後見学を許された実験室の様子もまた貴重な土産となった。

最後に、雑誌 Science 1 月 17 日号の pp. 310-311 に、NCEAS を取り上げた記事が掲載されたので、是非御覧下さい。またホームページ <http://www.nceas.ucsb.edu> では、NCEAS における活動内容が毎月更新されています。

研究室紹介

東京大学 大学院数理科学研究科 NLPM グループ

東大数理は1995年9月に本郷より駒場キャンパスの新しい建物に引っ越してきた。北に新宿の高層ビル群、天気のいい日には南に富士山を眺め、渋谷に歩いていける立地でありながら、深い緑のキャンパス内では雨の日、散歩中のバレーボール大(!!)のカエルとそれ違う環境である。

さて、NLPM(NonLinear PhenoMatics)(非線形現象) グループの紹介を三村研歴2年半の学生の目からしたいとおもう。現在グループは、三村昌泰教授(応用解析学)を筆頭に、山田道夫教授(流体力学)、柳田助教授(非線形解析・生物数学)、林助教授(理論気象学・地球流体学・惑星大気構造論)、稻葉助教授(数理人口学)、Tribersky 客員教授、高橋助手、院生は博士課程5人、修士課程5人、研究生1人、秘書1人で構成されている。グループとしては、毎週水曜日午後、それぞれが興味をもった論文を順番で紹介するセミナー、外部の人を招いての NLPM セミナーと続く。(夏には楽しいNLPM サマーセミナー合宿もある。)

これよりは特に三村先生を指導教官とする院生について述べてみる。研究内容は多岐にわたり、長山さん(D3)の発熱反応拡散方程式の進行パルス波の反射について、川口さん(D2)のガラスの相転移について、下田さん(M2)の蔵本-Sivashinsky 方程式の解析、井古田さん(M1)の興奮系におけるスパイラルパターン、吉田(M2)の生態学に現れる自由境界問題、などである。今年のM1はセミナーでHenry を読み、そして例年の長山さんによるセミナーで数値計算をおぼえる。計算機の環境は大変恵まれており、計算の主力となるDec alpha サーバー(4CPU) 1台、Dec alpha ステーション 3台、画像処理システムに SGI indigo2、Macintosh が各1台、端末としてSun SS5が2台、パソコン 1台がそろっている。(ときには院生室、計算機室などの端末を使用するのも気分転換である。) 院生はそれぞれのセミナーに加えて、いつでも指導教官の部屋に結果・質問などをもって突撃(!) でき、しばしば撃沈して帰ってくる。(個人的にはセミナーで飲める三村先生特製のエスプレッソが楽しみである。) またフットワークの軽い三村先生はよく院生のところへ出かけて来て、皆で研究内容のディスカッションから、ご飯のあたらしいメニューの話など時を忘れるくらいもりあがる事がたびたびある。三村研は楽しく厳しく研究する研究室である。

最後に、もっと三村研やNLPM グループについて知りたいという方はホームページへ
ぜひどうぞ!! (時々、工事中です。)

<http://mylabo.ms.u-tokyo.ac.jp>

1997年3月

文責 吉田 純子

国際生態モデリング学会 (ISEM=International Society for Ecological Modelling) について

東京大学海洋研究所 岸 道郎

Ecological Modelling誌をお読みの方は、すでにご承知の方も多いかと存じますが、 ISEM (International Society for Ecological Modelling = 国際生態モデリング学会 = Ecological Modelling誌の発行もとに相当する学会) は1996年のコペンハーゲンの集まり (Ecological Summit'96) で組織改革をすることが決まりました。多くの似たような学会 (たとえばIEES = International Ecological Engineering Society、 ISSE = International Society of Ecosystem Health、 ISEE = International Society of Ecological Economicsなどなど) が存在してひとつの集合としてはなりたっていいくことが困難になったこと、会員数はアジア地域以外では増加して (特にアメリカで) ヨーロッパだけで会員管理するのは不公平になったこと、などが原因のようです。

この結果、1997年から会員の情報誌ECOMODはアメリカでWWW上で作成されます (<http://ecomod.tamu.edu/~ecomod/isem.html>)。また、上記4つの学会の合同の meetingが企画されます。各地区 (北アメリカ、南アメリカ、ヨーロッパ、アジアオセアニア) の世話役 (カッコヨクするために? Vice Presidentという) を決めて会員の増強にあたり、地域のインフォメーションをECOMODに掲載します、などです。

現在、Ecological Modelling誌のeditorial boardには日本から青木一郎さんと私が出ておりますが、私が日本の会員のお世話 (会費を集めてISEM本部に送金するなど) を今までやらせていただいておりました関係上、1998年まで、私が上記アジアオセアニア地区の世話役を務めさせていただくこととなりました。私は海洋学ではモデルとして結構有名ではあると思っていますが、Ecological Modellingそのものの分野では名前は売れていません。したがって、会員の増強には役不足と思います。是非、みなさまのお力で日本、アジアオセアニア地区の会員の増強をはかりたいと思いますので、よろしくご協力のほどお願い申しあげます。留学生や国際研究の相手の方に紹介してください。

アメリカだけで会員が1000人近くいるのですが、日本はたったの10人！！！入会の申し込みはe-mailかファックスで私までお知らせください。Application Formをお送りし

ます。会費は、1997年は雑誌読者はUS\$180で、雑誌を購読しない人はUS\$20、学生はそれぞれUS\$10引きです。毎年、1月20日までに私に送金代行を依頼された方にのみ、私が送金を代行しますが、それ以外の方は直接アメリカのsecretary generalに送金していただきます。

さて、では、どうすれば会員が増えるか？これは、会員としてのメリットがないといけません。Ecological Modellingを一般価格より安く買える、といつても図書室に行けばあるわけですし、ISEMのConferenceでタダで喋れる、といつてもそんなことする人はもともと大勢いませんし、やはり、日本生態学会—Ecology—International Society of Ecologyのつながりのように、何らかの対応した国内の学会でもないと会員は増えないでしょう。日本では学会は「寄らば大樹の影」の役割を果たすものですから、学会委員であることによって、科研費とかが貰えやすくなったり、学術会議に委員を出させて自分たちの権益を守ったり、できる必要があるのではないかでしょうか。外国でも事情は似たりよったりでしょう。とはいえ、私としては、自分が中心になって「日本生態モデリング学会」をつくろうなんていう気は毛頭ありません。ですが、ISEM会員が日本だけ突出して？少ない、というのは日本が学問をしていないみたいで、国際的な信用問題でもありそうな気もするのです。みなさんによきアイデアをお寄せください。

なお、関連学会として1997年12月8-11日にホバートで行われるオーストラリアモデリング学会をお知らせします。情報は、<http://www.ml.csiro.au/modsim97>でご覧になります。また、海洋の生態系モデルのML（Mailng List）を始めました。今の所、私が運営している関係上、海洋生態系モデルの話が中心ですが、ISEM関係の記事も隨時流しますので、よろしければ是非参加してください。参加お申し込みは私にe-mailでお願いします（複数のMLをお世話していますので、海洋生態系モデルのMLに参加する旨お書き添えください）。

164 東京都中野区南台 1-15-1

東京大学海洋研究所 資源環境部門 岸 道郎

ファックス：03-5351-6506

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

数理生物談話会

第19回 1996年3月23日（土）13:00pm～

広末直子・難波利幸（大阪女子大・学芸・基礎理学）

「プランクトンによる稚魚捕食が浮魚類の個体群動態に及ぼす影響について」
三村真由美・難波利幸（大阪女子大・学芸・基礎理学）

「捕食者－植食者－植物からなる3栄養段階食物連鎖についての数理的研究
～bottom up と top down～」

第20回 1996年4月20日（土）10:30am～

山口昌哉（龍谷大・理工）

「シンメトリーとカオス－ 常微分方程式の差分から出るカオス」
谷内茂雄（京都大・生態研）

「捕食者の間接的学習効果を取り入れた警告色の進化モデル」

第21回 1996年5月11日（土）10:30am～

山村則男（京都大・生態研）

「植物の防衛戦略の多様性：直接 vs 間接，常時 vs 誘導」
蔵 琢也（京都大・理・動物）

「精子の兵隊階級の進化条件」

第22回 1996年9月28日（土）10:30am～

Horst Malchow (University of Osnabrueck, Germany)

「Multiple Equilibria, Oscillations and Excitability in a Predator-Prey Model」
吉村晶子（奈良女子大・大学院・理・情報科学）

「マツ枯れの伝播に関する数理モデル」
瀬野裕美（奈良女子大・理・情報科学）

「Some Mathematical Considerations on Offspring Desertion Timing
(子捨てのタイミングに関する数理的考察)」

第23回 1996年11月2日（土）10:30am～

青田容明（立命館大・理工・物理）

「水界微生物系における共存条件の数理的解析」
石井勲一郎（京都大・生態研センター）

「斜面環境における低木種の生存戦略：幹が傾くことの適応的意義を考える」

=====
==== 数理生物談話会の問い合わせ先：中島久男（立命館大・理工・物理） =====
==== TEL. 0775-61-2714 / FAX. 0775-61-2657 / EMAIL. nakajima@bkc.ritsumei.ac.jp =====
=====

大域情報セミナー [Global Information Seminar]

No. 19／1996年 9月12日（木） 1:30pm ~ 3:30pm

Horst Malchow
Department of Mathematics and Computer Science
University of Osnabruek, Germany
Temporal, Spatial and Spatio-temporal Patterns
in Model Plankton Communities

No. 20／1996年12月11日（水） 3:00pm ~ 5:00pm

矢守克也
奈良大学社会学部社会学科
「横断歩道上の歩行者群集が示す集合的行動パターン」

与謝野有紀
奈良大学社会学部社会学科
「階層評価の多様化と階層意識」

[SPECIAL]／1997年 3月11日（火） 2:00pm ~ 3:30pm

松田博嗣
九州大学名誉教授
「生物集団の格子モデル」

No. 21／1997年 3月13日（木） 3:00pm ~ 5:00pm

白石 円
奈良女子大学大学院理学研究科情報科学専攻
「搅乱環境下における放浪種の存続条件」

吉村晶子
奈良女子大学大学院理学研究科情報科学専攻
「マツノマダラカミキリの個体群ダイナミクスと
マツ枯れ伝播に関する数理的研究」

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

MEセミナー

講演記録 ('96年9月20日～'97年4月4日)

1996年

- 09/20 (金) Predator-prey interactions and spatio-temporal pattern formation
Horst Malchow
(Dept. Mathematics & Computer Science, Univ. of Osnabrück)
- 10/09 (水) 持続可能な漁業と人類の未来
松田 裕之 (九州大・理・生物) ※現 東大洋研
- 10/15 (火) 格子上での大腸菌の他感作用：
コリシン生産性菌とコリシン感受性菌の競争について
中丸 麻由子 (九州大・理・生物)
- 10/22 (火) The cell-cell adhesion in the limb-formation, estimated from photographs of
cell sorting experiments based on a spatial stochastic model.
望月 敦史 (九州大・理・生物)
- 11/05 (火) Nonlinear Numerical Optimization with Use of a Hybrid Genetic Algorithm
Incorporated the Modified Powell Method
岡本 正宏 (九州工大・情報工・生物化学システム工学)
- 11/14 (木) Models of the Evolution of Resistance to Pathogens (microparasites)
in Invertebrate Hosts
Michael Boots (九州大・理・生物)
- 11/19 (火) HAKKE: A Multi-Strategy Prediction System for Sequences
古川 直広 (九州大大学院・システム情報科学研究科)
- 12/03 (火) 区分多項式空間の近似能力についての考察
木村 誠二 (九州大大学院・数理学研究科・数理学専攻)
- 12/10 (火) 経験と生理状態が寄生蜂の産卵行動に及ぼす影響
－行動の個体変異が生じるわけ－
上野 高敏 (九州大・農学部・生防研)
- 12/17 (火) 團生物科学国際基金共同研究についての報告
武田 裕彦 (九州大・理・生物)
- 12/20 (金) Resource Distribution and Competition:
An Experimental Study of the Ideal Free Distribution.
箱山 洋 (九州大・理・生物、科学技術振興事業団研究員)

1997年

- 01/13 (月) Sex differences and the evolution of recombination
Daniel Falush (英国 ロンドン大学UCL)
- 01/14 (火) トビイロウンカにおける翅型および体色発現性の遺伝的制御機構と
生理的特性
諸岡 直 (九州農業試験場、科学技術振興事業団研究員)
- 01/27 (月) Ecological chaos: back from the brink?
Pejman Rohani (英國 Cambridge大学)
- 01/28 (火) ヤノネカイガラムシの導入寄生蜂2種の種間競争と共存の機構
杉浦 直幸 (九州大・農学部・生防研)
- 02/24 (月) 多型維持の新機構 —— 2種競争系での多型の動態
高橋 智 (大阪大・理・数学)
- 03/19 (月) 寄主・寄生蜂のencapsulationをめぐる軍拵競争共進化モデル
佐々木 順 (九州大・理・生物)
- 03/21 (金) 植物抵抗性遺伝子と病原体ビルレンス遺伝子相互作用における軍拵競争
佐々木 順 (九州大・理・生物)
- 03/24 (月) Mathematical Modelling of Molecular Motors (生体高分子講座と共に)
Neil Thomas
(School of Physics & Space Research, University of Birmingham, UK)
- 04/01 (火) ポリオウイルスの分子疫学
吉田 弘 (国立予防衛生研究所ウィルス第2部)
- 04/02 (水) Protein Modeling and Peptide Folding
Shen-Shu Sung
(Cleveland clinic research, and Case Western Reserve Univ.)
- 04/04 (金) 教育の対象としての脳
武田 裕彦 (九州大・理・生物)

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

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

編集後記

天気予報の雪だるまを見ながら札幌での生態学会から帰ってくると、大阪はもう桜が咲いていました。今年も春の気配を少しずつ味わいながら訪れを待つという余裕には程遠く、ふと気がつくと周りは春真っ盛り。遅まきながら春の空気を胸いっぱいに吸いこんで、新しい年へ向けての昂揚とともに新学期を待ちたいと思います。 今回は、前事務局長の巖佐庸さんのアイディア（ニュースレター第17号編集後記）をお借りして、修士論文特集を組みました。粗削りなところはあるかもしれません、若い方々の新鮮なアイディアと意欲を感じていただけたでしょうか。懇談会にはいくつかの課題がありますが、若手会員の獲得もその一つではないでしょうか。シンポジウムの講演にも会員資格を要求しない融通無碍な組織ですから、会員になる必要性を感じることが少ないのでしょうが、学生会員が少ないのが気になります。学生会員は増えなくてもシンポジウムで講演する若手を増やすことができれば、それはそれで若手育成と数理生物学の普及にはよいことでしょう。

という訳で、10月の数理生物学シンポジウムには、若手や幅広い分野の方々の参加を期待しています。京都、東京以外での初めてのシンポジウム、しかも数理生物学懇談会単独での開催です。会員の皆様の積極的なご参加と広報活動へのご協力をお願いいたします。 ニュースレター第23号は9月上旬発行予定です。原稿締め切りは7月22日（火）とします。会員の皆様のご投稿をお待ちしています。（難波）

連絡先：

〒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
数理生物学懇談会事務局／ニュースレター編集局
難波利幸／江副日出夫
tel.0722-22-4811 (内線：難波 344／江副 323)
fax.0722-22-4791
e-mail: 難波 tnamba@center.osaka-wu.ac.jp
江副 hezoe@center.osaka-wu.ac.jp

目次

1996年度会計報告	表紙見返し
第7回数理生物学シンポジウムのお知らせ	1
修士論文特集	
生態学に現れる自由境界問題	吉田 純子 2
産卵ポテンシャルによる資源管理	勝川 俊雄 4
Computer Experiments of Fish Behavior; Emergence of Schooling and Evasion Maneuver against a Predator	成田 佳應 6
受容細胞の共鳴的応答と確率共振におけるカオスの効果	舟久保 博文 8
単一高分子鎖の折り畳みに関する研究	野口 博司 10
一年草の最適生長パターン：器官ごとに異なるC/N比と 炭素と窒素の分配スケジュールを組み込んだモデル	野村 尚史 12
搅乱環境下における放浪種の存続条件	白石 円 14
マツノマダラカミキリの個体群ダイナミクスと マツ枯れ伝播に関する数理的研究	吉村 晶子 16
多重マップの自己組織化	白倉 準 18
ウイルス性肝炎の数学モデルによる インターフェロンの効果に関する研究	五島 裕庸 20
寄稿	
永い永い海外での生活と英語の上達	吉村 仁 22
日本脱出記	原田 泰志 26
NCEASというところ	津田 みどり 30
研究室紹介	
東京大学大学院数理科学研究科NLPMグループ	吉田 純子 31
国際生態モデリング学会について	岸 道郎 32
セミナー記録	34
数理生物談話会・GIセミナー（奈良女大）・MEセミナー（九州大）	
会員情報の更新 ('97.1~'97.3)	38
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22号
 1997年4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 うめだ印刷（株）