

# 日本数理生物学会 ニュースレター

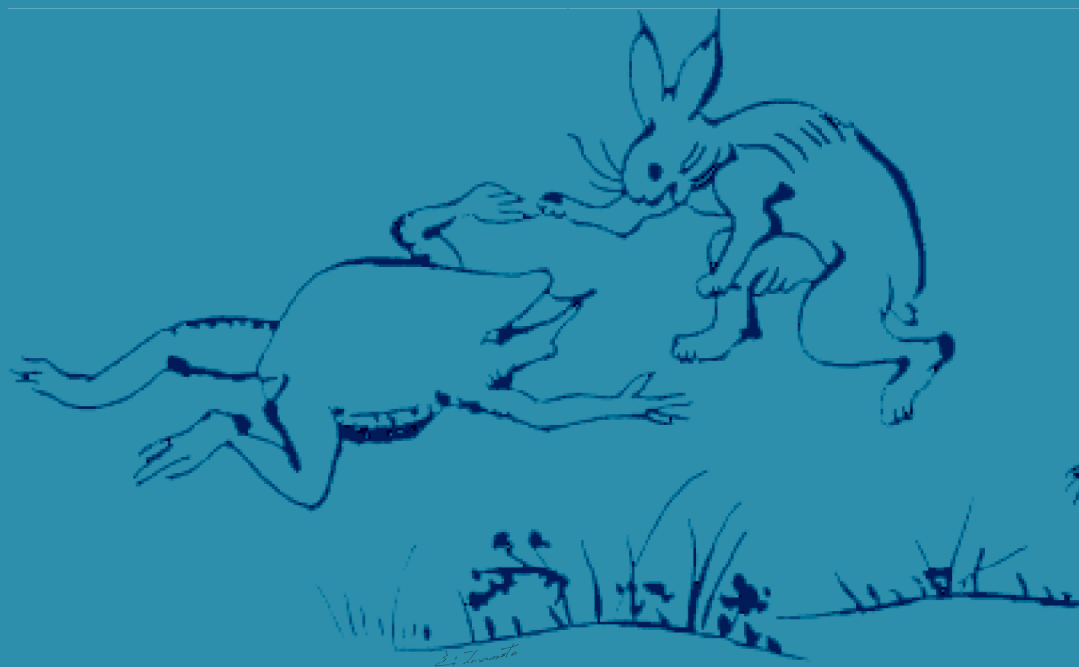
January 2010 **60**



## TABLE OF CONTENTS

Newsletter of the Japanese Society for Mathematical Biology No. 60      January 2010

年頭のご挨拶	竹内 康博.....	1
【日本数理生物学会大会第19回大会】		
大会報告	稲葉 寿・中岡 慎治.....	2
大会参加記	中河 嘉明.....	4
【2009年 研究奨励賞受賞者特別寄稿】		
どうして理論群集生態学を研究するのか: 食物網における栄養モジュールの構造-動態研究と関連させて	近藤 倫生.....	5
生理的な個体差を考慮した個体群数理モデル	中岡 慎治.....	10
【研究会報告】		
第二回台湾日本生態学ワークショップ参加記	佐竹 暁子.....	14
【書籍紹介】		
シリーズ「群集生態学」大串隆之・近藤倫生 (編) 近藤 倫生・大串 隆之 .....		15
「生物にとって自己組織化とは何か -群れ形成のメカニズム-」 Scott Camazine 他 (著) 松本忠夫・三中信宏 (訳)	堀部 直人.....	16
【ニュース】		
学会事務局からのお知らせ	佐藤 一憲.....	17
研究集会カレンダー .....		20
編集委員会からのお知らせ .....		20



---

## 年頭のご挨拶

日本数理生物学会会長 竹内康博

---

日本数理生物学会会員の皆様

新年明けましておめでとうございます。

会員の皆様には1年間学会の運営にご協力ありがとうございました。事務局における様々な仕事を担っていただいた静岡大学の事務局長佐藤一憲さんと、会計担当の宮崎倫子さん、会員関係担当の守田智さんには特に感謝いたします。また学会設立から20周年に当たる記念大会を成功裏に実施していただいた東京大学の稲葉寿さんと中岡慎治さんに感謝申し上げます。本年度は北海道大学の高田壯則さんを中心に9月に札幌で開催されます。

学会設立20周年記念事業である「シリーズ数理生物学要論」は第1巻『「数」の数理生物学』が2008年9月、第2巻『「空間」の数理生物学』が昨年5月に共立出版から発刊されました。第3巻『「行動・進化」の数理生物学』は2009年度中に発行予定です。「シリーズ数理生物学要論」執筆にご協力を頂いた会員の皆様、特に編集責任者として継続的に奮闘していただいた広島大学の瀬野裕美さんに心から感謝いたします。また学会とは直接的な関係はありませんが、会員である竹内康博・森田善久・三村昌泰を編集委員として、共立出版社からシリーズ「現象を解明する数学」（仮題）が2011年から出版する計画が進んでおります。学会主催の年会以外に本学会は様々な研究集会を講演しております。第6回「生物数学の理論とその応用」は森田善久さんを責任者として11月に龍谷大学「ともいき荘」で開催されました。また「新しい生物数学の研究プロジェクト」が佐藤一憲さんを代表者として12月に開催されます。

過去2回開催された日中生物数学コロキウムが本年10月に、第3回コロキウムとして北京で開催されます。同コロキウムはJSMBとCSMBが主催しますが、韓国数理生物学会の代表者も参加する見込みです。北京会議では日中生物数学コロキウムを日中韓の生物数学コロキウムとして拡張し、2年おきに三カ国で輪番で開催すること、2012年には韓国で開催する方向が検討されることになっております。

本ニュースレターが皆様の手元に届くまでには、2010年度の国家予算は決定されているでしょうか？ 2009年11月末現在政府主導で行われている事業仕分けがどのような結果となっているか予想できません。11月30日に日本数理生物学会は「若手研究者支援の削減に反対する意見表明」を文部科学省に送りました（声明作成に当たっては京大生態学研究センターの山内淳さんのご協力を頂きました）。「“若手研究者支援”は科学技術分野において「コンクリートから人へ」を象徴する最も重要な案件だと私たちは確信しています」という私たちの訴えは政府に届いたでしょうか？

2010年1月

日本数理生物学会会長

竹内康博

## 特集 日本数理生物学会大会第19回大会

The 19th Annual Meeting of Japanese Society for Mathematical Biology  
Sep. 9-11, 2009, The University of Tokyo

### 第19回 日本数理生物学会大会大会 報告 稲葉寿 (大会委員長)・中岡慎治 (大会事務局長)

#### はじめに：学会設立20周年記念として

数理生物学会大会第19回大会は、2009年9月9日(水)から11日(金)にかけて、東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟で開催された。この大会は、本学会の前身である数理生物学懇談会の設立から20周年の節目であるため、20周年記念大会として位置づけられ、それに因んだ企画として海外からの招待講演を設定するとともに、新しい研究分野の開拓と学会外の数理生物関連研究者との連携を深めるべく、多数の企画シンポジウムを配置することとしたことが例年と異なる大きな特徴であった。また今年は大久保賞の受賞者の招待講演も実現することができた。

3日間の大会での参加者はのべ250をこえ、20周年記念招聘講演は3件、大久保賞受賞講演1件、学会奨励賞受賞講演2件、企画シンポジウム講演62件、一般口頭報告61件、ポスター報告57件という盛況であった。参加者の熱意と特に実行委員会および運営スタッフの皆さんの努力によって、大変に中身の濃い大会になったのではないかとと思う反面、後述するように、講義室の利用法、ポスター展示の方法、各会場の運営方法など大会運営全般の観点からは反省すべき点も多く、大会委員長として行き届かなかった点はお詫びしておきたいと思う。その一方で、財政的には黒字運営という成果?があった。

#### GCOE 講演会・招聘講演・受賞講演

今回の大会は20周年記念ということで、海外からの招聘講演を2~3件行うことを当初から想定していたために、実行委員会のなかで招聘講演者の推薦リストを作り、とくに面識のある方などを通じて招聘交渉をおこなった。しかしながら、大会の時期が欧米の新学期開始時期に相当することや、交渉開始時期が少し遅かったためか、なかなか受諾していただくことができず、結果として理論生物関係で期待していた候補者に

はすべて辞退されてしまったことは非常に残念であった。最終的には、構造化個体群モデルを中心とした数理生物モデルの研究で世界的なリーダーである、Glenn Webb教授(Vanderbilt University)とHorst Thieme教授(Arizona State University)の招聘に決定した。また日本人の記念招聘講演者としては、本学会の育成に長年ご尽力いただいた三村昌泰教授(明治大学)にお願いし、ご快諾いただいた。数学の側からの数理生物研究という数理生物学の一方の側面を代表される方々の講演であり、いささか分野として偏ってしまったという反省はある。奇しくも大久保賞受賞者のOthmer教授も数学者であったため、ますますこの感は深いですが、これは意図したものではない。

一方、海外からの招聘に関しては学会から予算をいただくことになっていたが、幸いなことに東京大学大学院数理科学研究科のGCOEプログラムの海外研究者の招待講演企画に応募して採択されたため、Webb, Thiemeの両教授に関しては、大会前日に数理科学研究科においてGCOE講演会をおこなっていただくことで、学会側の費用負担無しで大会記念講演も実現することができた。偶然とはいえ、お二人とも数学者であったために内容的にもGCOE講演にふさわしいものであった。ここに改めて東京大学大学院数理科学研究科GCOEプログラムに感謝しておきたい。

今年度の大久保賞はミネソタ大学のHans Othmer教授が受賞された。大久保賞受賞者はアメリカ数理生物学会(SMB)と日本数理生物学会(JSMB)において、招待講演の機会を与えられることになっており、今回はJSMBより費用援助を受けて、Othmer教授の招聘を実現することができた。また、今年の学会奨励賞受賞者は、近藤倫生(龍谷大)、中岡慎治(東大数理)の2名であり、総会における受賞式の後に、プレナリー講演を行っていただくことができた。(以上 文責稲葉)

## 14つのシンポジウムと の一般講演

今年は14件の企画シンポジウム応募が寄せられた。例年の7, 8件と比べて、ほぼ倍の応募である。今年は学会創立20周年記念ということで基調講演も多く、とにかくスケジュールがタイトだった。講演会場を4つに増やして同時並行で進めた背景には、このような事情がある。多種多様な企画シンポのおかげもあって、「駒場大会では色々な話が聞けて面白かった」という嬉しい意見も多く寄せられた反面、「4平行だと聞きたい話も聞けなかった」という意見も寄せられた。シンポの時間設定は企画者の申告を尊重したが、ほとんどが3時間枠希望だった。自主性を尊重することで、オリジナリティーあるれるトピックを提供できる反面、限られた時間という現実的な問題が浮上してくる。企画シンポの最大時間を予め制限するなどして、平行数を減らす工夫が必要ではないかとの意見も寄せられた。これは次大会以降の要検討課題となるだろう。なお、シンポ企画者は各シンポともほぼ2, 3人で構成されているが、若手のみ、もしくは若手+ベテランという形態がほとんどだったという点は特筆すべきである。

ポスター発表運営では課題が多く残った。利用できるボード数やスペースの問題、スケジュールの問題も重なり、ポスター掲示期間は1日のみ、しかも昼食時に発表コアタイムを設けざるを得なかった。決して満足いくサービスを提供できたとは言いがたいと反省が残る。一方、口頭発表は4平行体制のおかげで時間的に余裕が生まれ、各講演の発表時間を多めの20分に設定できた。一般講演の時間管理は、直前をお願いした座長に一任する形となり、理不尽な思いをされた方もいらっしやるかもしれない。改めてこの場で御礼申し上げると共に、ご容赦頂くようお願い申し上げます次第である。

部屋の割り当てでも反省点が残った。シンポに割り当てた部屋の大きさは均一ではなく、40人をギリギリ収容できる部屋もあった。各シンポの集客率は予測できなかったが、皮肉にも人気シンポ(包括適応度・運動の数理・ランダムウォーク)に小さい部屋を割り当ててしまう結果となった。企画者には申し訳なく思うと同時に、参加者の傾向をノウハウとして蓄積していく必要性を感じた。一般講演では、頻繁にPCをプロジェクターにつないだり離したりという動作を繰り返すため、プロジェクターの動作がおかしくなるという問題が生じてしまった。また、スクリーンが見にく

い部屋も存在するなど、予測の事態も生じた。今大会では、大会当日のサービスは極力省略した。サービスを向上させると、各部屋に常駐する人のアルバイト代や備品の用意をはじめとして、結果としてコスト増加につながる。今回は設備使用料が無料だったというメリットも加味した上で、至らなかった点や反省点が次大会以降にフィードバックされていくことを期待する。(文責 中岡)

## 大会運営について

運営委員には学生・ポスドクといった若手が多く参加し、大会運営に加えてシンポの企画者として学会を盛り上げる原動力になった。稲葉研究室の学生3名は、予稿集作成から数々のサポートをしてもらった。この場を借りて感謝申し上げる。ここに書かなかった大会運営の詳細やノウハウについては、時期大会に活きるよう引き継ぎをする予定である。(文責 中岡)

## 予算について

今年は黒字となった30万円を学会へ返上することにした。ちなみに、参加費は昨年と同じ社大会と同じ金額に設定したし、ここ数年の大会はほぼ(全く?)同じ金額設定である。大幅に儲かるのは基本的には考えにくいことなのだが、今年度はこれまでとは違う2つの大きな理由がある。一般講演者はほぼ昨年と同様にも関わらず、50人近く参加者が増加した。つまり、企画シンポ非会員と当日の参加者が増えたことになる。2つめはラディカルな節約運営である。今年はボールペンやノート、それらを入れる袋を準備しなかった。また、WEB登録などITのおかげで、大会準備に関わる人件費も大きく削減した。20周年記念で外国人招待講演者に使うための経費を多めに計上するのが当初の目的であったが、結果的には東大数理 GCOE からの援助で賄えたため、使うことはなかった。諸々の理由ありきで大幅に儲かった。余分に参加費を集めたのではないという点を皆様にご理解頂ければ幸いである。

若手が企画したシンポでは、シンポ講演者に自腹で参加していただくような無理をお願いをするケースが多くあり、対応に苦慮されたことは容易に想像できる。たとえば生態学会をはじめ多くの学会では、企画シンポの招待講演者は参加費を無料にするという措置がとられている。今大会では企画シンポ招待者からも参加費を頂いたが、予算的には無料でも問題はなかったことになる。非会員招待者の参加費を無料にすることで大会が面白く盛り上がるのであれば、それは十分に議論する価値がありそうである。(文責 中岡)



Horst R. Thieme 教授 (Arizona State University) の講演

## 大会参加記

中河嘉明 (筑波大院) \*

9月10日、数理生物学会第19回大会2日目。早起きして大会会場へ行く。午前中は、会場外のベンチで、発表で話すことを考えていた。そこからは、ちょうど、ポスター会場が見えた。人が、私のポスターの前で立ち止まり、30秒ほどたつとまた歩き出すという光景を何度か目にした。今回のポスターは、「人の目をひく」という意味では成功かなと、一人思った。

正午。ポスターの前に所在無げに立つ。はじめは誰も来なかった。初心者のはじめは、誰も聴きにこないと自分が場違いな気がして泣きそうになっていた。今回は慣れたせいも、誰も聴きにこない。「楽でいいや」と気ままに本を読んだりする余裕もあった。13時になるとしだいに人が増えてきて、結局、15時前まで休むことなく説明をした。途中、私を指導してくださっているY先生と、H先生、Sさんが見に来てくださった。さらに、H先生が大御所の先生方を、私のポスターに連れてきてくださった。すごくありがたい事なのだけど、一瞬、その場から逃げたくなった。

今回、最も嬉しかったことは、私とほぼ同世代の学

\*ポスター賞受賞者

生が、多く、聴きにきてくれたことだ。発表のヤマ場(私が面白いと思っている所)にさしかかると、彼らの目が、生き生きと輝き出すのを感じた(気のせいかもしれないが)。そのことが何よりも嬉しかった。数分の発表が終わるころには、はじめて会った人たちにもかかわらず、ともにスリリングな冒険をした戦友のように、互いに親しみを感じていることが不思議で、でも心地よかった。実際、その様子を後ろで見ていたSさんが、「さっきの知り合い？」と私に訊ね、私は「いや、全然・笑」と答える場面もあったほど。何度か学会発表したことがあるが、こんなことははじめてだった。

この喜びに満ちた貴重な体験は、私にとって全く新しい研究発表の意味を教えてくれた。発表を通じて研究の面白さを誰かと共有すること、誰かと楽しむこと、このことの大切さを知れたことが今回の発表の一番の収穫であった。これからも本大会での様々な出会いとそれで得たことを活かしていけるよう、面白い研究をしていきたいと思う。

最後になりますが、発表を聴きに来てくださった皆様、議論して下さいました皆様、そして場を用意して下さった事務局の皆様、感謝の気持ちを述べさせていただきます。有り難うございました。

## 【2009年研究奨励賞受賞者特別寄稿】

# どうして理論群集生態学を研究するのか：食物網における栄養モジュールの構造-動態研究と関連させて

近藤 倫生\*

## 1. はじめに

どうして僕が理論群集生態学の研究をするようになったのか、大学卒業後の進路に悩む学生に尋ねられることがある。そのたびに自分を知る良い機会だと思っただけで、はっきりした答えはできない。研究者になるきっかけ、原動力になったと感じるできごととはたくさんあるのだけれど、一直線にいまの研究に向かってきたということではなさそう。どちらかというと、いろいろな偶然のできごと、あちこちにはじかれながら、たまたまここにたどり着いたという感じがしている。

数理生態学という学問分野を知ったのは、大学の3年生に在籍していた頃だった。卒業研究のための研究室配属にあたって、配属希望先を決めなくてはならなかった。母校である名古屋の東海高校でうけた仏教の授業の強い印象もあって、「すべてのものが他のすべてのものと直接・間接にかかわり合いながら、互いを生かしつつ生きている」という仏教的な世界観に関わるような研究ができればと漠然と考えていた。そんななか、東正彦さんの「数理生態学」の講義で、多種共存の数理モデルの話題があつて、この分野なら近いことができるかもと考えて理論生態学に興味をもったのだった。さっそく東さんの研究室を訪ねて、僕なりの「仏教的な世界観」を説明し、「これを数理モデルで表現したいのですが、指導していただけますか」と尋ねたら、東さんは「いいよ」とおっしゃった。学生を指導する立場にたつたいまならわかるが、これは「有り難い」ことだ。文字通りの意味で。

しかし、研究室に配属されて大学院に進んでも、良い加減な僕は「すべてのものがすべてのものに…」の問いに取りかかることはしないで、しばらく同期で動物生態の研究室に在籍していた井出純也さんや、生態学研究センターの奥田昇さん、山村則男さんにもアドバイスをもらいつつ配偶システムの進化理論に取り組

んだ。研究グループの同世代に、瀧本岳さん、若野友一郎さん、吉山浩平さん、加藤元海さんをはじめとする、活発な研究仲間がいて大いに刺激を受けた。一度、指導教官の東さんに、当時生態学研究センターがとりこんでいた「生物多様性の創出と維持機構」に関するプロジェクトに関わる気があるかと尋ねられたが、進化動態のモデリング・解析手法を手に入れたばかりで、それを使いたくてしかたがなかった僕は「群集生態学にはあまり興味を持ってない」と答えたりしていた。

群集生態学の研究にはじめて本格的に取り組んだのは、博士課程に進んでからだった。同僚の加藤さんが研究室のセミナーのうちに、Proulx と Mazumder の研究論文 ([1]) を紹介されたのだが、そこで報告されていたパターン - 「植食者の存在下では栄養塩の添加で植物プランクトンの種数が増えるが、植食者がいないときには栄養塩を添加すると植物プランクトンの種数が減る」 - に興味をもったのがきっかけだった。このパターンを説明する理論研究 ([2]) を進めていくうちに、種多様性の維持機構の問題に魅力を感じていった。

群集生態学の研究を始めたきっかけがほとんど偶然であったのと同様に、食物網の研究をはじめたのも、パラパラとめくっていた雑誌に偶然みつけた論文がきっかけだった。Caldarelli ら ([3]) の、やたらと複雑な食物網モデルを使った研究論文だったように思う。種分化を考慮していたり、種間相互作用を決める種の形質値があつたり、適応的捕食を考慮したりした数理モデルを使って、どのような食物網構造があらわれるかを調べた研究だった。当時、その意義をほとんど理解できなかったのだけれど、大規模な絶滅があまり生じなかったというような意味のことが、さらっと書かれていて、それが印象に残った。複雑な食物網では個体群動態が不安定になるため、多種共存が難しい(たとえば [4]) ことは、よく知られていたのに、何故だろうかと不思議に思った。じきに、適応的捕食が個体群動態に及ぼす影響に関する研究(たとえば [5]) と複雑食物網維持の問題を結びつけることを思いついた。この研究は思い

\*龍谷大学理工学部・JST さきがけ

のほかうまくいって Science 誌に掲載された ([6]). これ後、その後、食物網研究にのめり込むきっかけになり、また奨励賞をいただく対象となった複雑食物網における栄養モジュールの構造に関する研究 ([7]) につながっていく。

## 2. 食物網の構造と動態

僕の現在の興味は、食物網の構造と動態の関連性の解明にある。食物網とは特定の生態系における生物種(または生物群)間の捕食-被食関係を描いたネットワークである。一般に、自然食物網はとても複雑に絡み合っている。教科書等でよく目にするような、「植物-植食者-一次消費者-二次消費者」とつながる一直線の「食物連鎖」が単独で存在することはほとんどない。おおくの場合、同じ栄養段階とみえるグループの内部にも捕食-被食関係があったりして、生物を明確な栄養段階に区別することは困難である。

食物網のネットワーク構造を理解することは、種多様性の維持を理解する上で重要である。自然生態系において、生物種は、他の生物種を食うことで成長・繁殖し、また、食われることでその個体群密度を減らす。個体群動態は種間相互作用の影響を受けるのだ。さらに、この種間相互作用の効果は食物網のネットワーク上を広がっていき、直接には相互作用しない生物種どうしを因果関係で結びつける。この間接的な効果の伝わり方は、食物網の構造(トポロジーと種間相互作用強度)に依存するので、結果的に、食物網構造は個体群動態に影響を与える、ということになる。

食物網構造と個体群・群集動態が関連するという理論的アイデアのもと、さまざまな理論研究がなされてきた。これらの研究は、究極的には「どうして地球上には、このようなさまざまな生物群集が見られるのだろうか」という問いに答えることを目標にしていると思っただろう。構造-動態研究は、この問題に対する二通りのアプローチを提供してきた。一つめは、食物網構造が個体群動態に与える影響に着目した、群集成立・維持機構の特定をめぐるアプローチである。生物群集はつねに環境かく乱や、生物の侵入・局所絶滅等にさらされているが、局所生物群集の構造的特徴やそこに生息する生物種が大きく失われることなく、維持されているように見える。その理由を探るために、現実の食物網の背後にある構造的特徴を見つけ出し、それが個体群動態に及ぼす影響をさぐるのが、このような構造-動態研究の中心的課題だろう。二つめは、個

体群動態が食物網構造に与える影響に着目した、食物網構造の決定機構に関連したアプローチである。生物の絶滅や加入過程は個体群動態の結果として理解できるが、これらが生じると食物網の構造が変更される。個体群の消長を通じて特定の食物網が創出される理由を、構造-動態関係に求めるのが、この構造-動態研究の中心課題ということになるだろう。「個体群動態を不安定にしてしまうような生物群集は、現実の生態系では観察されないはずである」という作業仮説がその背後にある。

この2つの視点は、個体群動態と食物網構造が互いに影響し合って、一つのフィードバックループを形作る可能性を意味している。たとえば、生物群集が、新たな種の侵入や既存の種の局所絶滅といった個体群動態に関するイベントを促進するときには、現在の食物網構造は変化し、別の食物網構造へと変わっていくだろう。そして、個体群動態によって駆動される食物網構造の変化の過程で、種を失いにくく、新たな生物種を受け入れにくい群集構造にたどり着くならば、その生物群集は長い間維持されることになる。

## 3. 複雑食物網と栄養モジュール研究

食物網の構造-動態研究を推進する上で、栄養モジュールの数理的研究が重要な役割を果たしてきた。栄養モジュールとは、数種の生物種からなる単純な食物網である。食物網構造と動態の関連を探るために、しばしば、注目する構造だけをさまざまに変えた栄養モジュールの動態モデルが構築され、その動態が解析、比較されてきた ([8]). Holt と Polis ([9]) は、資源が2種の資源利用者によって利用されており、かつこれらの資源利用者の間にも捕食-被食関係がある、ギルド内捕食のモデルを解析して、その構造が3種の個体群動態に及ぼす影響を解析した、もっとも初期の研究の一つである。資源種 (R), ギルド内被食者 (C), それを捕食するギルド内捕食者 (P) からなる、以下のようなシステムについて考えよう:

$$\frac{dB_R}{dt} = B_R[r(B_R) - \alpha_{RC}(B_R, B_C, B_P) B_C - \alpha_{RP}(B_R, B_C, B_P) B_P + \beta_R] \quad (1a)$$

$$\frac{dB_C}{dt} = B_C[-T_C - \alpha_{CP}(B_R, B_C, B_P) B_P + (1-f)\alpha_{RC}(B_R, B_C, B_P) B_R + \beta_C] \quad (1b)$$

$$\frac{dB_P}{dt} = B_C[-T_P + (1-f)\alpha_{RP}(B_R, B_C, B_P) B_R + (1-f)\alpha_{CP}(B_R, B_C, B_P) B_C + \beta_P] \quad (1c)$$

$B_i$  は種  $i$  のバイオマス,  $r$  は  $R$  の内的自然増加率,  $\alpha_{ji}$  は種  $i$  が種  $j$  を利用する際の機能の反応 (functional response),  $f$  は被食量中の非同化量の割合,  $T_i$  は種  $i$  の単位バイオマスあたりの呼吸による損失を表している.  $\beta_i$  はこれらの生物種がモジュールの外から受ける総効果を表しているが, ここでは先行研究 [9] にならって簡単のために 0 とおこう. これで, このギルド内捕食モジュールが単独で他の群集から独立して存在している状況を扱っていることになる. 式 1b と 1c から, このシステムが共存解 ( $B_i^* > 0$ ) をもつためには, 次の不等式が成り立つことが必要だとわかる:

$$\frac{T_P}{\alpha_{RP}^*} > \frac{T_C}{\alpha_{RC}^*} \quad (2)$$

これは, ギルド内捕食モジュールが維持されるためには, ギルド内被食者がギルド内捕食者よりも少ない資源でその個体群を維持できなくてはならない, 言い換えると資源競争において有利でなくてはならない ([10]), というよく知られた理論予測 ([9]) をあらわしている. 前述した構造-動態研究の 2 つのアプローチに照らし合わせるならば, この理論予測は次のようにまとめられる: ① ギルド内捕食モジュールにおいて生物種が共存できるのは, ギルド内被食者がギルド内捕食者よりも資源競争において有利だからである; ② また, ギルド内被食者がギルド内捕食者よりも競争的に不利なギルド内捕食モジュールは長くは存続できないはずである.

これは, 食物網構造と個体群動態を結びつけて理解するためにおこなわれた, 典型的な栄養モジュール研究の重要な成果だ. しかし, この理論予測が現実の生物群集理解にとってどれほどの意味があるかははっきりしない. なぜなら, 現実の生態系ではギルド内捕食モジュールが単独で存在することはあり得ないからだ. 実際には, ギルド内捕食モジュールは, より大きく複雑な食物網の中に埋め込まれて存在しているはずであり, そのような条件のもとでは存続条件も変わってしまう可能性がある. これは栄養モジュールを用いた構造-動態研究の限界を意味している. たとえば, ギルド内被食者がギルド内捕食者よりも競争的に不利であっても, ギルド内捕食モジュールが埋め込まれた外部群集のために両者の個体群動態が安定化するような仕組みがあれば, そのギルド内捕食モジュールは存続できるかもしれない. 実際, ギルド外相互作用を考慮すると ( $\beta_i \geq 0$ ), このモジュールが存続するのに必要な条件は次のように変わる:

$$\frac{T_P}{\alpha_{RP}^*} - \frac{T_C}{\alpha_{RC}^*} > \frac{\beta_P}{\alpha_{RP}^*} - \frac{\beta_C}{\alpha_{RC}^*} \quad (3)$$

ここで左辺はモジュール内での資源競争に関連した内部構造に関するもので, 右辺は外部構造の影響に関するものであることに注意してほしい. これを利用すると, ギルド内捕食モジュールは次の 4 つのタイプに分類できる:

$$\text{TYPE I} \text{ --- } \frac{T_P}{\alpha_{RP}^*} > \frac{T_C}{\alpha_{RC}^*} \text{ かつ } \frac{\beta_P}{\alpha_{RP}^*} > \frac{\beta_C}{\alpha_{RC}^*} \quad (4a)$$

$$\text{TYPE II} \text{ --- } \frac{T_P}{\alpha_{RP}^*} > \frac{T_C}{\alpha_{RC}^*} \text{ かつ } \frac{\beta_P}{\alpha_{RP}^*} < \frac{\beta_C}{\alpha_{RC}^*} \quad (4b)$$

$$\text{TYPE III} \text{ --- } \frac{T_P}{\alpha_{RP}^*} < \frac{T_C}{\alpha_{RC}^*} \text{ かつ } \frac{\beta_P}{\alpha_{RP}^*} > \frac{\beta_C}{\alpha_{RC}^*} \quad (4c)$$

$$\text{TYPE IV} \text{ --- } \frac{T_P}{\alpha_{RP}^*} < \frac{T_C}{\alpha_{RC}^*} \text{ かつ } \frac{\beta_P}{\alpha_{RP}^*} < \frac{\beta_C}{\alpha_{RC}^*} \quad (4d)$$

これらのうち, TYPE III のモジュールは上記 3 の条件を決して満たさないので, 維持されないと予測される. つまり, ギルド内捕食モジュールが維持されるならば, TYPE I, II, IV のいずれかでなくてはならない.  $T_P/\alpha_{RP}^*$  はギルド内被食者のほうがギルド内捕食者よりも資源をめぐる競争に有利であるという内部構造に関する条件,  $\beta_P/\alpha_{RP}^* < \beta_C/\alpha_{RC}^*$  はギルド内被食者のほうがギルド内捕食者よりもギルド外相互作用において有利であるという外部構造に関する条件といえることができる.

これを利用して, カリブ海食物網 ([11]) に埋め込まれた, 魚で構成されたギルド内捕食モジュールをタイプ分けした. この食物網は 208 種の魚からなり, 4969 のギルド内捕食モジュールを含んでいる. ほとんどすべての魚種について, 代謝量など数理モデルの変数推定に必要な情報がわかっているため, これを利用してギルド内捕食モジュールを上記, 4 つのタイプ (TYPE I-IV) に分類することが可能である. さらに, 注目する特徴を持ったモジュールの数や比率 ( $N$ ) を調べた上で, 帰無モデル解析によって, これらのパターンが偶然生じた可能性を評価した. 具体的には, 食物網のトポロジーはそのままに, 相互作用の強さ ( $\alpha_{ji}$ ) のみをシャッフルした帰無モデルを 10,000 個作成し, 注目する特徴を持ったモジュールの数 ( $N_n$ ) が現実の食物網のそれを超える ( $N_n > N$ ) 食物網の割合 ( $P$ ) を計算した.  $P < 0.05$  であれば  $N$  は有意に多い, 逆に  $P > 0.95$  であれば有意に少ないと判断した.

このような解析によっていくつかの興味深いことがわかった (表 1). 第一に, 存続できないと予測される TYPE III の栄養モジュールの数は有意に少ない. こ

表1 帰無モデル解析の結果. 外部構造による補償の効果は  $\{[Type IV]/[Type III + IV] \} / \{ [Type II + IV] / [total] \}$  によって計算される.  
 \*\*は  $P < 0.001$  または  $P > 0.999$  を, \*は  $P < 0.03$  または  $P > 0.97$  をあらわす.

栄養モジュールのタイプの数と比	カリブ海食物網	帰無モデル	
		平均 (s.d.)	P
TYPE I	2940**	2097 (144)	< 0.0001
TYPE II	351	187 (121)	0.057
TYPE III	727**	1223 (156)	0.9992
TYPE IV	867**	1373 (148)	0.9997
安定な内的構造の栄養モジュール [TYPE I+II]	3291**	2289 (68)	< 0.0001
安定な外的構造の栄養モジュール [TYPE I+IV]	1218*	1562 (201)	0.9823
外部構造による補償効果	2.18**	1.66 (0.11)	< 0.0001

これは、「個体群動態を不安定化するような食物網構造は観察されにくいはずだ」という、構造-動態研究における作業仮説を支持する結果である。さらに、その安定化機構を見てみると、内的に安定化する条件 ( $T_P/\alpha_{RP}^* > T_C/\alpha_{RC}^*$ ) を満たすモジュールは有意に多いのに対して、外的に安定化する条件 ( $\beta_P/\alpha_{RP}^* < \beta_C/\alpha_{RC}^*$ ) を満たすモジュールは有意に少ない。つまり、単独で存続する栄養モジュール研究から導かれる理論予測は、複雑な食物網に埋めこまれた栄養モジュールにおいても、意外に良く当てはまるということを意味している。では、栄養モジュールとその外部群集との相互作用に関する外的構造は、たいして重要ではないのだろうか。そうではない。すべての栄養モジュールを対象に帰無モデル解析を行うと、安定な外部構造をもったものは少ないのだが、内的に不安定な栄養モジュールに限って調べると、内的に不安定なモジュールは、内的に安定なモジュールよりもずっと高い頻度で外的に安定な構造を持っていることがわかる。これは、複雑食物網の内部において、内的構造と外的構造が相補的に働いてギルド内捕食モジュールを維持している可能性を示している。

栄養モジュールの数理モデルを用いた構造-群集研究は、食物網の構造決定機構や多種共存のメカニズムを理解する上で重要な役割を果たしてきた。だが、その一方で、ここから導かれた理論と現実の複雑食物網の関連性は、不明確であった。今回の解析の意義は大きく分けて3つあるだろう。第一に、栄養モジュールの外部構造と内部構造の両方が、構造-動態関係を考える上で重要であることを理論的に示した。第二の意義は、現実の食物網において、栄養モジュールの内的構造と外的構造が相補的に働いていることをはじめて示した

ことにある。第三に、複雑食物網に埋め込まれた栄養モジュールの数理的解析を帰無モデル解析と組み合わせることで、栄養モジュールの食物網構造が個体群動態に影響し、個体群動態が食物網構造を規定するという従来のアイデアが、複雑な食物網においてもテストできる可能性を示唆している。

群集生態学には、長い研究の歴史の中で築かれた、栄養モジュール理論の蓄積がある。いかなる食物網構造が存続しやすいか、また、どのような食物網構造が多種共存の鍵となるかについて、これらの研究は多くのことを予測している。その一方で、Polisによる研究 ([12]) などにはじまる複雑食物網研究の流れによって、詳細な食物網の構造が報告され、データも集積しつつある。食物網の構造-動態研究の挑戦は、栄養モジュール理論の蓄積をいかにして複雑食物網の構造や動態理解と結びつけるかというところにあるだろう。もしもこれが可能になれば、豊富な栄養モジュール理論を現実の食物網に適用するための突破口が拓け、食物網研究の飛躍的な進展が期待できる。ここで紹介した研究がその取りかかりになればと思う。

#### 4. おわりに

食物網構造が個体群動態に影響を及ぼす理由、そして、それを理解するのが困難な理由は、食物網が相互作用する生物種間の効果を広く間接的に伝えることにある。栄養モジュールのように種数が少ない群集では、原因と結果の連鎖は比較的(そこから構造-動態の関係のパターンを見いだすことができる程度に)単純である。しかし、種数が増えると、任意の二種の間効果の連鎖は長さを増し、また、効果の連鎖の数も多くなる ([13])。その結果、種間にはたらく効果や、構造と

動態の間の関係にパターンを見いだすことが難しくなるのである。

だが、カリブ海食物網に埋め込まれた3種からなるギルド内捕食モジュールにおいて、構造-動態関係のパターンが見いだされたことを考えると、複雑食物網における原因と結果の連鎖は思いのほか単純に理解できる可能性もある。食物網構造-動態間の関係が、いったいどれくらいの「大きさ」の栄養モジュールにおいて強く働くのか。食物網構造-動態間の関係が強く生じる範囲は生態系のタイプや、食物網の複雑性とどのように関連するのか。そして、局所的な食物網構造と複雑食物網の全体構造はどう関連し、局所的な動態と全体の動態はどう関連するのか。栄養モジュールと複雑食物網の関係に関連して答えるべき問いはまだたくさんある。

原因と結果の連鎖が複雑に絡まっていると、あるできごとが起きた理由を特定するのは簡単ではない。冒頭の大学生の質問「どうして僕は理論群集生態学をやっているか」についても同じことが言える。この場合でも、着々といまの自分に導くイベントがあった訳ではなくて、いくつものささいな偶然やその結果がどういうわけか結びついて、いまあるようになっている。たとえば、大学院生時代に加藤さんが Proulx と Mazumder の論文 ([1]) を紹介しなかったら、群集生態学にいまほどの興味をもつこともなかったかもしれない。ぱらぱらとめくった雑誌が Caldarelli ら ([3]) のページでたまたま開かなかつたら、食物網の研究はしていなかったかもしれない。東さんが、「仏教的世界観」などと口走る、少々風変わりな学生の指導を引き受けてくださらなかつたら、数理生物学の分野に進むことすらなかつたかもしれない。しかし、複雑な因果のネットワークである食物網において、個体群動態という「結果」のある一面が、局所的な論理である程度は理解できそうだとわかったいま、とりあえずはいま自分が直面している1つ1つの具体的な問題に誠実に向き合えば、遠い過去や未来の因果関係の論理の連鎖に思いをいたさ

なくとも、それほど予想外に悪いことにはなったりはしないような気もしている。

## 参考文献

- [1] Proulx, M., Mazumder, A. (1998) Grazer reversal of plant species richness under contrasting nutrient richness. *Ecology* 79: 2581–2592.
- [2] Kondoh, M. (2001) Unifying the relationships of species richness to productivity and disturbance. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B* 268: 269–271.
- [3] Caldarelli, G., Higgs, P. G., McKane, A. J. (1998). Modelling coevolution in multispecies communities. *Journal of Theoretical Biology* 193: 345–358.
- [4] May, R. M. (1973) *Stability and Complexity in Model Ecosystems*. Princeton University Press, Princeton.
- [5] Abrams, P. A., Matsuda, H. (1996) Positive indirect effects between prey species that share predators. *Ecology* 77: 610–616.
- [6] Kondoh, M. (2003) Foraging adaptation and the relationship between food-web complexity and stability. *Science* 299: 1388–1391.
- [7] Kondoh, M. (2008) Building trophic modules into a persistent food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105: 16631–16635.
- [8] Pimm, S. (1991) *The Balance of Nature? Ecological Issues in the Conservation of Species and Communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- [9] Holt, R. D., Polis, G. A. (1997) A theoretical framework for intraguild predation. *Am. Nat.* 149: 745–764.
- [10] Stewart F. M., Levin B. R. (1973) Partitioning of resources and the outcome of interspecific competition: a model and some general considerations. *American Naturalist* 107: 171–198.
- [11] Opitz, S. (1996) *Trophic Interactions in Caribbean Coral Reefs, International Center for Living Aquatic Resources Management* (Tech. Rep. 43, International Center for Living Aquatic Resources Management, Makati City).
- [12] Polis, G. A. (1991) Complex trophic interactions in deserts: an empirical critique of food web theory. *American Naturalist* 138: 123–155.
- [13] 東 正彦 (1992) 間接効果：種間関係の複雑さ・柔軟さを生み出す隠れた作用 In：シリーズ地球共生系（1）「地球共生系とは何か」（東 正彦・安部 琢哉 編）平凡社。

【2009年研究奨励賞受賞者特別寄稿】

## 生理的な個体差を考慮した個体群数理モデル

中岡慎治\*

### 1. はじめに

個体群ダイナミクスを決定する上で基本的なプロセスである繁殖と死亡(細胞の場合は分裂と細胞死)は、外部環境のみならず年齢や体サイズの大きさ、学習による行動変化やある遺伝子の発現といった個体の内部状態にも依存する。とりわけ年齢や体サイズは繁殖や採餌など行動に影響する内部状態変数であり、同一種もしくは遺伝的に均一な細胞のクローン集団においても、年齢や体サイズに関する個体差はしばしばある幅をもって分布している。集団における生理的な個体差を考慮した個体群数理モデルは *physiologically structured population models* (以下 PSPM)[9] と呼ばれており、生涯で生理的特徴や行動が大きく変化するヒトや昆虫などの個体群ダイナミクスを記述するための数学的道具として発展してきた。

PSPM は 1970, 80 年代から活発に研究されてきたが、PSPM を支える数学理論が厳密に整備されたのはここ最近の話で、特に Odo Diekmann, Mats Gyllenberg, Horst R. Thieme や Hans Metz による貢献が大きい。PSPM の理論は抽象的・概念的・定性論的側面の理解を与えるのみならず、定量数理モデルとして実用的に活用されている面もある。生態学では、年齢構成を考慮した行列個体群モデルがフィールドデータを扱う定量数理モデルとして活用されており、近年では免疫学において PSPM が免疫細胞増殖の定量数理モデルとして活用されている。本稿では、PSPM 理論の基礎と応用を様々な角度から紹介する。

### 2. PSPM の理論

PSPM の理論は、個体の内部状態 ( $i$ -状態) における変化が集団レベル ( $p$ -状態) での状態に及ぼす影響を数学的に取り扱うための体系的知識である。個体の内部状態はそれぞれ異なることが前提であるため、PSPM は必然的に個体ベースのモデルとなる。年齢や体サイズは  $i$ -状態変数と呼ばれ、個体群は異なる  $i$ -状態変数をもつ個体の集合である。個体数は  $p$ -状態変数とみな

される。PSPM の理論において、内部状態以外の影響は環境条件と呼ばれる。環境変数は温度といった物理化学的要因だけではなく、たとえば利用できる資源量や生育阻害といった他種からの影響も含む。一般に、ミクロである個体は活動(資源摂取)を通じてマクロの環境状態を変化させ、マクロの環境変化(資源の減少)は、再びミクロである個体の内部状態変化(体サイズ成長の抑制)に影響する。このようなミクロとマクロの相互作用は、 $i$ -状態と  $p$ -状態間のフィードバックとして扱うのが PSPM 理論の特徴である [9] (図 1 参照)。

以上が理論のおおまかな考え方であるが、ではどのようにして  $i$ -状態間や  $i$ -状態と  $p$ -状態との関係性を表現するのだろうか? その手段は対象とする現象やモデルを構築する人の考え方によって様々であり、PSPM の理論はモデリング手法までも特定するものではない。実際のモデリングでは時間離散的・連続的、決定論的・確率論的アプローチが目的に応じて採用されているが、PSPM 理論で注目すべきは、モデル間の関連性が明確であり、基本再生産数といった横断的な概念がモデリング方法に依存せず定義できる点である。以下では PSPM の理論を線型方程式に限定して説明し、たとえば共食いや Allee 効果など、体サイズ成長と非線型相互作用が関わる興味深い研究には触れない [2]。まず次小節では、PSPM 理論を説明する上で雛形ともいえる離散時間系の行列個体群モデルについて考えよう。

#### 2.1 離散時間モデル (理論の雛形として)

年齢構成を考慮した行列個体群モデルは Leslie 行列モデルとして知られており、個体数の更新ルールを行列  $L=(\ell_{i,j})$  によって表現する。個体群の最大年齢を  $k$  としよう。各年齢  $j=1,2,\dots,k$  をそれぞれステージ(クラス)と呼ぶ。第 1 行が生まれてくる個体のステージである。各ステージからの繁殖  $f_j$  によって個体は出生し ( $\ell_{1,j}=f_j$ )、成長と共に生存確率も含めた遷移確率  $p_j$  によって次のステージに推移する ( $\ell_{j+1,j}=p_j$ )。時刻  $t$  における個体数ベクトルを  $\mathbf{n}_t := (n_1(t), \dots, n_k(t))^T$  とすれば、Leslie 行列モデルは

$$\mathbf{n}_{t+1} = L\mathbf{n}_t \quad (1)$$

\*東京大学大学院数理科学研究科

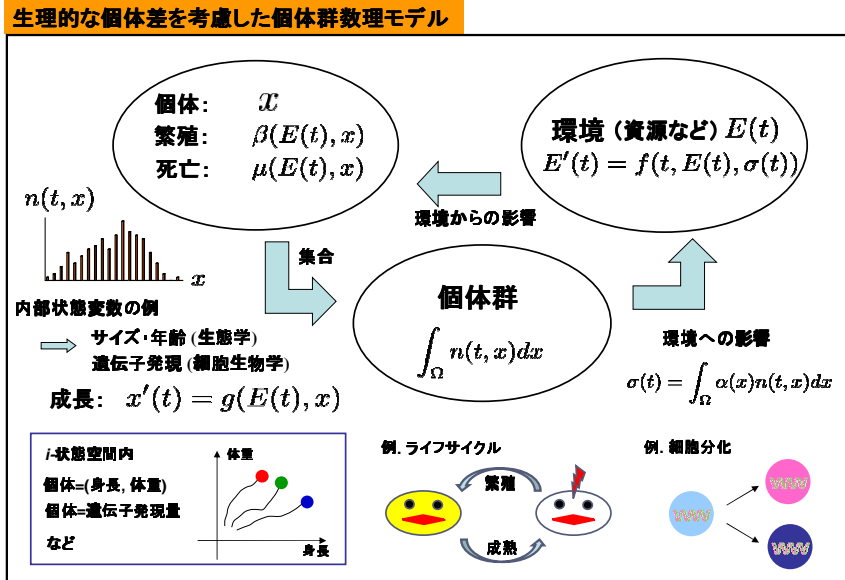


図1 生理的な個体差を考慮した個体群数理モデル

によって与えられる。Fisher が 1930 年に考案した繁殖価や、疫学において重要な概念である基本再生産数  $R_0$  は、Leslie 行列の固有値問題を解くことと関連している [10], [11]。繁殖価とは、子を産む年齢(ステージ)に繁殖上の価値を重み付けするアイデアで、各年齢の個体が繁殖にどれだけ寄与するかを測る量である。 $R_0$  は繁殖ステージにいる個体が 1 個体あたり次世代に残す子の期待値を表す。Leslie 行列の各要素はステージ遷移か繁殖を表現しているため、非負の行列である。非負行列の中でも、irreducible や primitive と呼ばれるクラスの行列に対して Perron-Frobenius の定理が成立し、dominant な固有値  $\lambda_0$  (他の固有値の絶対値は  $\lambda_0$  よりも小さい) をもつことが導かれる。次小節で述べるように、 $\lambda_0$  はマルサス係数(の離散版)に対応する。線型差分方程式の安定性理論から、 $\lambda_0 > 1$  ならば個体数は等比級数的に増加し、 $\lambda_0 < 1$  ならば減少する(閾値原理)。固有値  $\lambda_0$  に対応する右固有ベクトル  $w$  が安定人口分布ベクトル、左固有ベクトル  $v$  が繁殖価ベクトルに対応し、 $\lambda_0 - 1$  と  $R_0 - 1$  の符号は一致する [4]。

## 2.2 決定論・連続時間モデル(2つの視点から)

行列個体群モデルは離散系であるため、 $i$ -状態変数が連続である場合や出生の時期・間隔が不ぞろいな個体の集団を扱う場合は、連続時間モデルの枠組みで取り扱うのが自然である。

実数  $a$  を年齢とし、繁殖率  $\beta(a)$  と  $a$  歳における生存確率  $\mathcal{F}(a)$  は年齢依存とする。天下り的であるが、個体群出生率  $b(t)$  に関する Renewal (再生) 方程式は次式で与えられる：

$$b(t) = \int_0^{\infty} b(t-a)\beta(a)\mathcal{F}(a)da. \quad (2)$$

再生方程式 (2) の右辺は、 $a$  歳まで生き残った個体の単位時間あたりの出生数を全ての年齢について加えた(積分した)ものであり、それが個体群の出生率に等しいことを表現している(再生過程)。

前小節では、基本再生産数  $R_0$  が個体群の指数増殖(減少)を決定する閾値であることをみた。再生方程式 (2) の解が漸近的に  $e^{rt}$  のように振る舞う場合に満たすべき方程式は

$$1 = \int_0^{\infty} e^{-ra}\beta(a)\mathcal{F}(a)da \quad (3)$$

によって与えられる。(3) は Euler-Lotka 方程式と呼ばれ、実数  $r$  はマルサス係数である。基本再生産数は

$$R_0 := \int_0^{\infty} \beta(a)\mathcal{F}(a)da \quad (4)$$

によって定義される。なお、 $r$  と  $R_0$  との間には、 $r > 0$  ( $r < 0$ ) ならば  $R_0 > 1$  ( $R_0 < 1$ ) という関係が成立し、したがって  $R_0$  は再び個体数増加における閾値であることがわかる。

再生方程式は単位時間あたりの個体群出生数に関する方程式であり、個体レベルの記述ではない。生態学・人口学の分野では、同じ年齢や体サイズをもつ部分集団をコホート (cohort) と呼ぶ。個体は一年経過する毎に一歳年を取るため、年齢の時間発展ルールは自明である ( $\frac{da}{dt} = 1$ )。体サイズの成長ルールは必ずしも自明ではないが、von Bertalanffy 成長曲線というものに上手くフィットするケースなどが知られている。これらのケースでは、コホートは決定論的な時間発展ルールにしたがって同じ運命を辿ることになる。ちなみに、 $i$ -状態変数の時間発展に規則性が見つからない場合や  $i$ -状態が非常に複雑な場合、個体 (individual=分割でき

ない)を単位とするモデル (IBM) によってダイナミクスを追う必要がある。このようなモデルを  $i$ -状態構成 (configuration) モデルと呼ぶ [4].

McKendrick が考案した偏微分方程式 (PDE) を考えよう。  $n(t, a)$  を時刻  $t$  における年齢分布とする。一般に、年齢構造をもつ個体群ダイナミクスは輸送方程式 (transport equation)

$$\frac{\partial}{\partial t} n(t, a) + \frac{\partial}{\partial a} n(t, a) = -\mu(t, a)n(t, a) \quad (5)$$

によって記述できる [9]。  $\mu(t, a)$  は年齢依存の死亡率を表す。輸送とは、出生個体 (0 歳) が加齢と共に年齢という筒を移動するイメージで、出生は筒の端からの流入、死亡は移動途中での退出に対応する。したがって、出生は境界条件

$$n(t, 0) = b(t) := \int_0^{\infty} \beta(a)n(t, a) da \quad (6)$$

によって与えられ、初期条件 (初期年齢分布)  $n(0, a) = n_0(a)$  を与えることで、McKendrick 方程式が完成する。特性 (characteristics) の方法によって  $n(t, a)$  は特性曲線上で  $n(t, a) = n(t-a, 0)e^{-\int_0^a \mu(t-a+\alpha, \alpha) d\alpha}$  と explicit に与えられることがわかり、これを境界条件に代入することで、  $b(t)$  に関する再生方程式

$$b(t) = G(t) + \int_0^t b(t-a)\beta(a)\mathcal{F}(a) da \quad (7)$$

が得られる。  $G(t) = \int_t^{\infty} \frac{n_0(a-t)}{\mathcal{F}(a-t)} \beta(a)\mathcal{F}(a) da$  である。詳細は省略するが、(2) と (7) の漸近挙動は等しいことが証明できる。個体レベルでの視点と再生過程での視点は、境界条件 (6) によって関係していることがわかる。

さて、本小節では天下一的に基本再生産数  $R_0$  を導入したが、  $R_0$  はある正値作用素 (次世代作用素) のスペクトル半径 (dominant eigenvalue) として定義できる。ただし連続時間モデルの場合、無限次元空間における非負の線型作用素に対する理論が必要で、解析も容易ではない (詳細は [10])。

以上が理論の抽象的・概念的な側面であるが、最後に応用的側面についてみてみよう。PDE や再生方程式の数値計算は Escalator Boxcar Train (EBT) 法によって実行可能で、分岐解析や人口学的分析を行うための方法も André de Roos によって整備されつつある [2]。筆者も関わった PSPM の基礎理論や EBT 法、分岐解析の応用例は [6] 参照。

### 2.3 測度論による表現

PDE の古典解として分布の時間発展を追う手法は有効である一方、たとえば  $i$ -状態変数が多次元の場合は PDE の解の適切性 (well-posedness) も自明でなく、不適切な問題が存在することも報告されている。また、

パルスとして表現するのが自然な出生を Dirac の  $\delta$  関数で表現したい場合や、変態など表現型の不連続な変化を扱いたい場合には、新しい数学的枠組みが必要となる [7], [10]。Hans Metz の博士論文におけるアイデアを発起として、Diekmann らによって数学的に厳密に整備されたのが PSPM の測度論による表現である (測度論を用いることで、 $\delta$  関数のような超関数や積分表示による不連続性の扱いが可能となる) [7]。個体の成長や生存を死亡が吸収状態である Markov 過程で表現し、ある環境条件の下で成長する個体の生存と出生過程を考える。Chapman-Kolmogorov 方程式に類似のアイデアにより、推移確率と出生核が満たす方程式によってダイナミクスを表現する。興味深いことに、測度論による表現は確率過程との間で多くの類似性が見られる [8]。

### 2.4 モデル間の対応

2.2 小節では、PDE による表現が再生方程式と関連していることをみた。PDE を時間・ $i$ -状態変数について離散化することで、行列個体群モデルを導出できる。他にも、サイズ成長にバラツキがある場合は平均、分散 (+より高次のモーメント) に関する展開を利用する方法 [11] や、時間のみ離散化した積分差分方程式 (integral projection model ; IPM) などが知られている [1]。上述の EBT 法は PDE の数値近似解法であると同時に、それ自身がコホートのダイナミクスを表現した数理モデルである [2]。

PDE は特殊な場合に linear chain trick(ey) という方法によって常微分方程式へと帰着できる [7]。Markov 性 (無記憶性) をもつ単純死亡過程では、Kolmogorov の前向き方程式により推移確率  $p_k(t)$  に関する微分方程式系が導かれるが、死亡率が等しい場合に  $p_0(t)$  は  $\gamma$  分布に従う [12]。もし繁殖率  $\beta(a)$  が次数  $n$  の  $\gamma$  分布と仮定できる場合には、同じ発想にしたがって PDE は合計  $n+2$  個の常微分方程式系に帰着できる。

最後に確率過程との関連を述べよう。行列個体群モデルは外的・人口学的確率性を含んだ場合にも拡張がなされており、Galton-Watson 分枝過程 (branching process) との対応も明らかにされている [4]。生物個体の死亡は、老化といった年齢依存的な死も多く観察されるため、常微分方程式や Markov 性を仮定した単純出生死亡過程の前提条件は必ずしも当てはまらない。年齢依存的な死亡を考慮した出生死亡過程は Bellman-Harris 過程と呼ばれており、その平均値の時間発展ルールは再生方程式に等しい [8], [12]。

### 2.5 数学理論

行列個体群モデルは有限次元の離散力学系として、常微分方程式によるモデルは有限次元の連続力学系と

してそれぞれ定式化され、安定性や分岐理論によってダイナミクスの定性的性質を調べることができる。さて、PDE や再生方程式を力学系として表現する場合、考える力学系は無次元次元となって関数解析的な手法が必要になる。PDE 表現において、非線型半群による解を構成してその性質を調べる手法を開発したのが Glen Webb であり、今日の解析研究の基礎となっている [10]。再生方程式は過去の履歴を含んだ Volterra 積分方程式の一つで、過去の履歴をもつ方程式は、微分表現・積分表現を併せて時間遅れをもつ方程式 (delay equation) として統一的に取り扱うことができる [5]。さて、時間遅れをもつ方程式に対して非線型半群による解を構成して、その性質を調べる手法が適用したのが Odo Diekmann らである。時間遅れを過去へのシフトと捉えて時間シフト作用素を定義し、その半群から発展方程式を導出する。Webb や Diekmann らによる枠組みでは、安定性や分岐について有限次元力学系と対応する理論で議論できるのが特徴である。より詳しい数学理論の解説は [7], [10] 参照。

## 2.6 定量数理モデルとして

定量数理モデルといっても様々であるので、ここでは年齢や体サイズ成長が関わる問題に限定する。年齢構成が及ぼす影響の分析は、古くから生態学や人口学の分野で統計的な取り扱いが行われてきた。中でも、行列個体群モデルは長期的な成長率の推定や感度分析、安定人口分布の推定に利用されてきた経緯がある [4]。行列個体群モデルを利用する利点は (i) 得られるデータが離散的であり、連続時間モデルに比べて取り扱っても (比較的) 容易であること (ii) 2.1 小節で述べたように、繁殖価や基本再生産数は離散時間系でも同様に定義できるため、理論的不足はないこと等が挙げられる。外的・人口学的確率性を入れた拡張や transient な過程の解析にも利用できるよう拡張されている点も利点である。ただし、本来連続量である体サイズを離散化する場合、ステージ分割における誤差が避けられず、ステージを細分化したとしても推定すべきパラメータの数が非常に多くなってしまうという実用上の問題点がある。また、 $i$ -状態変数が多次元の場合に解析は困難との指摘がある [1]。そこで近年、上述の  $i$ -状態変数を連続のまま扱う IPM や再生方程式によって、行列個体群モデルと同様の人口学的解析ができるようにした拡張が考えられている [1], [2]。

続いて免疫細胞の話に移ろう。近年、細胞を蛍光色素 (CSFE) で染色して分裂毎に蛍光強度が半減する原理や DNA ラベルを利用して細胞分裂や死亡を測定する定量実験が行われるようになり、細胞増殖の kinetics に関する情報が得られるようになってきた。分裂回数

に応じて細胞の死亡率が上昇するような年齢依存的な影響が存在することも定量的に測定できるようになってきている。さて、細胞増殖過程のモデリング手法は色々考えられるが、もっともシンプルなアプローチとして決定論的に常微分方程式で表現する方法と、確率論的に Markov 性を仮定した単純出生死亡過程で表現する方法が考えられている。ただし、これらシンプルなアプローチでは細胞の老化を考慮していないため、モデル予測は若年期に細胞が死に過ぎてデータフィットが良くないと指摘もある。一方で、細胞分裂が完了するまでには時間がかかることから、時間遅れの影響を考慮していないことの影響も指摘されている。なお、Smith-Martin モデルと呼ばれる年齢構造を考慮した個体群モデルの一種を用いることで、実験データフィットが改善されるとの報告があることから、年齢依存の分裂・細胞死を考慮する重要性が示唆される [3]。今後、人口学的な分析手法の応用も併せてこの分野で PSPM の理論が活用できると展望している。

## 3. おわりに

PSPM の理論は人口学や生態学、疫学、数学の分野で培われた体系的知識であり、概念的・抽象的・定性的な基礎面と定量的・技術的な応用面の両方で成熟を遂げてきた。本稿では数学理論とその応用、基本再生産数といった横断的概念を中心に紹介することで、PSPM の理論を浅く広く紹介した。このため、各項目の説明が不十分で、いささか乱暴に書いた部分もある。紙面の都合上、参考文献も出来る限り省略せざるを得なかった。より深く知りたい項目があれば、下記の参考文献内の情報を各自参照して頂きたい。本稿が何かのお役に立てばこれ幸いである。

### 参考文献

- [1] S.P. Ellner. <http://www.eeb.cornell.edu/Ellner/>
- [2] A.M. de Roos. <http://staff.science.uva.nl/~aroos/>
- [3] R. Callard and P. Hodgkin. *Immunological Reviews* 216 119–129. 2007.
- [4] H. Caswell. *Matrix Population Models*. 2001.
- [5] O. Diekmann *et al*, *Delay Equations*. 1995.
- [6] O. Diekmann *et al*, *Daphnia revisited*. *J. of Math. Biol.*, (in press), DOI: 10.1007/s00285-009-0299-y
- [7] M. Gyllenberg. *J. of Biol. Dyn.*, 1 3–44, 2007.
- [8] P. Haccou *et al*. *Branching processes*. 2005.
- [9] J.A.J. Metz and O. Diekmann (eds). *The Dynamics of Physiologically Structured Populations*. 1986. <http://www.iiasa.ac.at/Research/EEP/Metz2Book.html>
- [10] 稲葉寿. *数理人口学*. 東大出版, 1995.
- [11] 巖佐庸. *数理生物学入門*. 共立出版, 1998.
- [12] 尾崎 俊治. *確率モデル入門*. 朝倉書店, 1996.

## 【研究会報告】

## 第二回台湾日本生態学ワークショップ参加記

<http://homepage.ntu.edu.tw/~complex/workshop2009.html>

佐竹 暁子\*



国立台湾大学にて、第二回目の台湾日本生態学ワークショップが開催された（2009年10月9日～11日）。本記事では、このワークショップ開催にいたる背景、ワークショップの内容、台湾と日本の生態進化・数理生物学分野の交流の将来について、参加者の視点から紹介したい。

北海道大学では銀杏並木が有名だが、国立台湾大学では堂々とした椰子並木である。この亜熱帯地域の台北に位置する国立台湾大学は、国際化を目指し以前より各国から優秀な研究者をリクルートしてきた。2008年には当大学の理学研究科海洋研究所に日本人若手の生態学者がポスドクおよび教員としてリクルートされ、現在は Chih-hao Hsieh 博士とともに生態学分野で精力的に研究教育活動が展開されている。これを機会に、台湾と日本間で生態学研究の交流を深め、台湾・日本両国の生態学研究の発展を図ろうという意図で、台湾日本生態学ワークショップ第一回が2007年12月に開催された。今回のワークショップはその第二回目にあたるが、前回は日本サイドから4名の参加であったのに比べると、招聘講演者は多様化し、ポスター発表数も増え、より活発な雰囲気であった。

招待講演として、台湾サイドからは国立台湾大学を中心に国立清華大学や中央研究院（Academia Sinica）より総計12名、日本サイドからは数理生物学や生態進化学領域の研究者9名（本来は11名であったが台風に見舞われ2件キャンセル）、その他アメリカとフランスの研究機関より2名の研究報告が行われ、どの話題に対しても数多くの質問が会場から寄せられた。台湾サイドの講演を簡単に紹介してみる。Anne Chao 博士や

一連の若手研究者による生物統計を駆使した種多様性推定の話は、なかなか日本では聞くことができず勉強になった。パラサイトの存在が食物網の安定性に与える影響の分析は、フィールド調査を行う Steven Chen 博士とモデル開発を担う Wei-Chuing Liu 博士の良い関係プレーが成した技である。Wen Hsiung Li 博士は「How I keep up with rapid developments in my field of research」という演題のとおり、分子進化の理論的研究から、次世代シーケンサーを導入した網羅的遺伝子発現解析まで、常に最先端で研究を推進するためのヒントを聴衆に与えた。Yu-Yun Chen 博士は、もともとフィールド生態学者でありタイ国でシロアリと一緒に研究した仲であるが、その彼女が難しいモデル解析を通じて同調開花と共存の話を発表した際には、豹変ぶりに驚いた。招待講演を挟んで、ベルモント大学の Gotelli 博士によるブルースのギター演奏やポスター発表を楽しませていただいた。学生にはポスター賞が設けられ、初めての発表に悪戦苦闘する姿もみられたが、よい励みになったと思う。

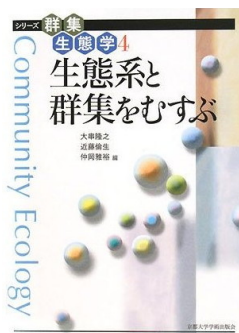
このように、雑多な話題が寄せ集められたワークショップではあるが、こうしたスタイルこそ生態学者と数理生物学者が会える機会の少ない台湾で求められているのかもしれない。次回第三回台湾日本生態学ワークショップは、日本での開催が検討されている。より多くの方に参加いただき、この始まったばかりの交流を地道に発展させていくことを祈る。最後に、記事を執筆するにあたり、国立台湾大学の三木健博士と Chih-hao Hsieh 博士にご協力いただいた。お礼申し上げます。



Gotelli 博士ギター演奏

\*北大・創成/JST さきがけ

## 書籍紹介



### シリーズ 群集生態学 (全6巻)

大串隆之・近藤倫生 (編)  
京都大学学術出版会  
2008年10月～  
ISBN: 9784876983490

地球上の生物種のどれ一つとして、単独で暮らしているものはいない。生物は他の生物を食べ、餌をめぐって競争しあい、助けあい、これらの関係が組み合わされることで生物群集が形作られている。そして、すべての生物の活動と維持は、この生物群集が作り出す環境においてなされている。生物群集の構造と振舞いを理解する過程で、群集生態学には数多くの発見がなされた。他方、さまざまな生態学の分野において、生物の生理や行動、進化、個体群動態、生態系機能、生物多様性などのいろいろなトピックが取り上げられ、研究され、生物や自然生態系の理解は大きく進んだ。だが、個体、個体群、群集、生態系といった異なる生物学の階層にしたがって研究課題が細分化された現在、今一度立ち止まって、これらの専門化された諸研究をつなぎあわせ、生物と環境の相互作用によって作り出されるシステムの全体像を俯瞰することには大きな意味がある。

このことは、生物多様性の保全などの、具体的な問題にどう取り組むかを考えた場合にも言えることである。たとえば、保全の必要性が叫ばれている「生物多様性」は、遺伝子・種（個体群）・群集・生態系などさまざまな生物学の階層に特有の多様性を包含する概念であり、またこれらの「多様性」は互いに密接に関連しあっている。地域個体群の消滅は、個体群動態を扱う個体群生態学の主要な課題である。しかし、同時に、種内における遺伝的多様性の喪失にほかならず、進化過程に影響を与える可能性を見過ごしてはならない。また、地域個体群の消失は、それとさまざまな関係で繋がっている他の生物との群集ネットワークの改変をもたらすだろう。群集ネットワークの改変は、新たな個体群の喪失につながるのみならず、生態系の物質循環のあり方をも大きく変えてしまう可能性がある。さまざまな生物学の階層にわたって生じる生物多様性保全の課題に本格的に挑戦するためには、個別の分野を超えて、これらを互いにつなぎあわせる幅広い見方が

欠かせない。

シリーズ「群集生態学 (全6巻)」は、さらなる生態学の発展には、20世紀を通して細分化してしまった諸分野の統合が必要であるとの認識のもと、企画された。本シリーズは以下の6巻からなる：

第1巻 生物群集を理解する (大串・近藤・武田博清 編)：19世紀の後半に群集概念が確立して以来、群集に対する見方どのように発展してきたのかを紹介し、これまでに群集の研究においてどのような問題点が解決されたかを振り返る。

第2巻 進化生物学からせまる (大串・近藤・吉田丈人 編)：進化生物学と生態学の新たな連携から次々と生まれた研究の発展とともに、生態ゲノミクスなどの新しい研究手法の潮流を紹介する。

第3巻 生物間ネットワークを紐とく (大串・近藤・難波利幸 編)：直接・間接の相互作用を介した複雑な生物群集の動態を、観察・野外実験・複雑ネットワークの考え方など、さまざまな手法を駆使して解き明かす。

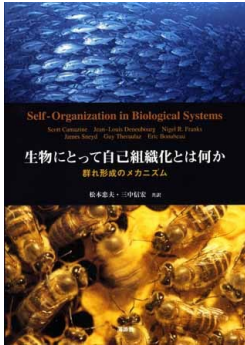
第4巻 生態系と群集をむすぶ (大串・近藤・仲岡雅裕 編)：生物同士の関係が、物質やエネルギーの循環を通して、生態系とどのように関わっているのかを探る最新の研究の最前線にせまる。

第5巻 メタ群集と空間スケール (大串・近藤・野田隆史 編)：さまざまな空間スケールで見られる生物群集のパターンとその維持・形成の機構に関する最新の研究を紹介するとともに、群集の統合的な理解に向けた新たな課題と研究の方向性を展望する。

第6巻 新たな保全と管理を考える (大串・近藤・椿宜高 編)：農業、林業、漁業、環境保全などの人間活動を群集生態学における操作実験と捉え、これまでの生態系の変化がどのような理論によって説明されるのか、また、群集生態学がこれからの変化をどのように予測し検証していこうとするのかを提案する。

本シリーズは、最新のトピックスの紹介にとどまらず、群集生態学の視点から、他の分野が向き合ってきたさまざまな課題に迫る。これにより、生物群集の考

え方がいかに大きな広がりを持ちうるかを浮き彫りにし、群集生態学の新たな発展の方向性と課題を探ることを目指している。本シリーズが、生態学・進化学・保全生物学に関心を持つ若い世代に対して、群集生態学の面白さと奥の深さをアピールし、日本においてオリジナリティーの高い生物群集の研究を支える知的基盤を提供できることを願っている。  
(龍谷大学理工学部 近藤倫生, 京大学生態学研究センター 大串隆之)



## 生物にとって自己組織化とは何か —群れ形成のメカニズム—

Scott Camazine 他 (著)  
松本忠夫・三中信宏 (訳)  
海游舎  
2009年4月  
ISBN: 9784905930488

松本忠夫先生のもと“Self-Organization in Biological Systems”の輪読会が東大駒場で行われたのは、筆者が研究室に所属する1年前のことだった。そのため筆者は、その場でどのような議論が交わされたのかを知らない。おそらく、邦題にあるように「生物にとって自己組織化とは何か」が激しく議論されたことだろう。実に魅力的なテーマである。筆者が書評を引き受けたいと思ったのも、まさにこのテーマに惹かれたからである。

3部構成の本書では、まず第1部冒頭で、自己組織化の定義が与えられる。曰く、『自己組織化とは、システムの下位レベルを構成している多くの要素間の相互関係のみに基づいて、システム全体レベルでのパターンが創発する過程である。(中略)相互作用の規則は、局所的な情報のみを用いて実行されている』。そして、自己組織化が働くメカニズムとしての正負のフィードバックとゆらぎの増幅、自己組織化システムの特徴としての分岐と多重安定性、さらには進化との関係が論ぜられる。第1部後半では、生物システムにみられる自己組織化をどのように検出するか具体的な研究プログラムが提示され、前半部の理論をいかに実証していくかの方針が示される。

全部で13章からなる第2部は本書の核となるパートであり、第1部の後半で示されたプログラムに沿った研究事例集となっている。章ごとに異なる生物現象に焦点が当てられ、まずは現象が丁寧に紹介される。しかも、現象の詳細な記述にとどまらず、適応的意義についての記述とその具体的なデータが併せて提示されるという徹底ぶりである。次に、その現象を説明する

メカニズムが、自己組織化ではないメカニズムも含め複数提案される。その後ようやく、どのメカニズムがもっともらしいかを、シミュレーションや理論解析の結果を実証データと付き合わせることで探っていくのである。このプロセスは、結論を急ぐせっかちな読者を退屈させてしまうほどに慎重かつ徹底的であり、自己組織化が作用しているという仮説を棄却することも厭わない。

本書の総括たるべき第3部は第2部の徹底ぶりとは対照的に、物足りなさを感じるほどに短い。自己組織化に用いられる相互作用がきわめて単純でかまわないこと、正のフィードバックと連動することで相互作用が多重化すること、発散を止める負のフィードバックの原因が、しばしば資源の枯渇や相互作用の飽和によって自動的に起こることなどが簡単に顧みられる程度である。

本書に記載されているのは、原題の通り「生物システムにみられる自己組織化」であって、「生物にとって自己組織化とは何か」ではない。にもかかわらず読者らがあえてこの邦題を選んだのはなぜだろうか。本書に感化され自己組織化の研究を始めたとして、その成果は、第2部の新たな章となりうるだろう。しかしそれだけでいいのか、と警鐘を鳴らすためにこの邦題がつけられたよう筆者には思われる。邦題は、第3部を充実させる、あるいは第4部を設けるにはどうしたらよいかという読者からの問いかけなのである。

我々が知りたいのは、あくまで「生物にとって自己組織化とは何か」である。これは、本書第2部のように、複雑な生物システムを構成する至近要因としての自己組織化についての研究をすすめることだけからは実現できない。他のメカニズムに比べどのような進化的な利点あったのかという究極要因、相互作用に関わる形質の変異と自己組織化により生じる構造の変化との一般的な対応関係、生命や社会性の起源との関係などを明らかにしていき、さらには、我々が創発現象を理解するとはどういうことか、という認識の問題をクリアする必要もあるだろう。「生物にとって自己組織化とは何か」は、我々の脳がこれをどう理解できるのかという問題でもあるのだ。

科学とは基本的には帰納的な営みである。「生物システムに見られる自己組織化」の豊かな事例を紹介する本書は、「生物にとって自己組織化とは何か」を帰納的に解明していくうえで、現時点での最良の書であろう。しかし、邦題の問いかけに何らかの答が与えられたときには、その寿命はほとんど尽きたといえるだろう。輪読会に参加できなかった恨み言に聞こえるかもしれないが、こう言い切りたい。「本書が100年先も良書と呼ばれてしまうようでは、今世紀の科学者は負けである。」

(東京大学大学院総合文化研究科 堀部直人)

## 学会事務局からのお知らせ

幹事長 佐藤一憲

### 1. 日本数理生物学会研究奨励賞募集

日本数理生物学会(JSMB)は、数理生物学に貢献をしている本学会の中堅または若手会員の優れた研究に対して、研究奨励賞を授与しております。この度、平成22年度(第5回)の候補者の推薦をお願いすることになりました。研究奨励賞の推薦に関しては、候補者自身が自薦されても、他の方が候補者を他薦されても構いません。

研究奨励賞の候補者を自薦または他薦される場合について、次の書類を(送付先)までお送りください。

- (1) 推薦者の名前、住所、電話番号、所属。(自薦の場合は不要)
- (2) 候補者の名前、住所、電話番号、所属。
- (3) 業績についての推薦者による簡単な説明文、及びそれに関連する主要論文3編以内。
- (4) 候補者の簡単な履歴。ただし、様式は問わない。

なお、候補者の業績について照会できる方2名までの氏名・連絡先を記載されても構いません。その方にあらかじめ了解をとる必要はありません。

締め切りは2010年3月31日(水)となっています。候補者の推薦をお待ちしております。どうか、よろしくお祈りします。御質問がありましたら、(送付先)まで御遠慮なくお問い合わせください。

(送付先)

〒432-8561 静岡県浜松市中区城北3-5-1  
静岡大学工学部システム工学科 佐藤研究室  
日本数理生物学会事務局  
幹事長 佐藤一憲 宛  
E-mail: sato@sys.eng.shizuoka.ac.jp

#### ＊過去の受賞者

- ＊ 2006年: 若野 友一郎(東京大学)
- ＊ 2007年: 今 隆助(九州大学), 西浦 博(長崎大学)
- ＊ 2008年: 大槻 久(東京工業大学)
- ＊ 2009年: 近藤倫生(龍谷大学), 中岡慎治(東京大学)

### 2. 総会の報告

2009年度日本数理生物学会総会の報告について、以下の通り報告いたします。

日時 2009年9月9日(水) 13:00-14:00

場所 東京大学(駒場キャンパス)・数理科学研究科棟、大講義室

総会議長の選出をおこない、中丸麻由子会員が選出された。

### ■ 議題

- (1) 次期2010年度の大会は北海道大学(大会実行委員長:高田壮則会員)にて開催されることが確認された。また、次次期2011年度の大会は明治大学にて開催されることが承認された。
- (2) 次期ニュースレター編集委員会は、奈良女子大学の高須夫悟会員、大阪府立大学の江副日出夫会員を中心として、両大学の協力を得て引き受けていただくことが承認された。
- (3) 高須夫悟委員の任期満了にともない、会員からの推薦にもとづき運営委員会の議を経て事務局から提案のあった総合地球環境学研究所の山村則男会員が大久保賞選考委員として承認された。新委員の任期は2009年10月~2012年9月である。
- (4) 竹内会長より、ESMTB と SMB の合同会議 ECMTB 2011 (Cracow, Poland, June 28-July 2, 2011) の紹介がおこなわれた。
- (5) 竹内会長より、第3回数理生物学日中コロキウムの主催について説明があり、これを承認した。
- (6) 佐藤一憲幹事長(宮崎倫子会計担当幹事代理)から別紙にもとづき2008年度決算について報告があり、承認された。続いて佐藤一憲幹事長から2009年度予算執行状況ならびに2010年度予算案に関して報告があった。2008年度決算額と2009年度予算額が異なっていることに対して疑義が出されたが、2009年度予算案は、昨年度の大会ですでに承認されていることであり、2008年度の決算が行われる前であるためにやむをえないという事情が説明された。また、2009年度は事務局事務員経費として20万円が計上されているが、昨年度同様に、恒常的雇用をおこなわず、経費削減を図ってきた。しかし、事務局の負担が大きいことを考慮して、2010年度は主としてデータ整理のためにアルバイト雇用として10万円を計上することとした。2010年度予算についても承認された。
- (7) 事務局より、学会サーバ運営委員会の位置づけを明確にして欲しいという要望が出され、委員会が作られた経緯を考へて、委員会内で検討することが要請された。
- (8) 事務局より、JSTでのニュースレター電子アーカイブ化による公開について意見が求められたが、メリットを疑問視する意見も出され、学会ホームページからニュースレターへのリンクを残せるかどうか確認を取った上で、再度、検討するこ

ととなった。

## ■ 報告事項

- (1) 日本数理生物学会研究奨励賞第4回授賞報告が行われた。
- (2) 事務局から、次期会長選挙および運営委員選挙が年末に行われることの報告があった。

## 3. 日本数理生物学会研究奨励賞第4回授賞報告

2009年度第19回日本数理生物学会大会の第1日目の受賞講演に先立ち、総会において、第4回研究奨励賞の受賞者が近藤倫生氏（龍谷大学）と中岡慎治氏（東京大学）に決定したことが稲葉寿委員（委員長：細野雄三氏）より報告された。

なお、授賞理由等は前号ニュースレター（No 59 page 19）をご参照ください。

## 4. 第6回（2009年度）大久保賞授賞講演

2009年度第19回日本数理生物学会大会の第2日目に、第6回大久保賞の受賞者 Hans Othmer 氏（University of Minnesota）の受賞講演がおこなわれた。また、受賞者には、日当・宿泊費・航空券代金として23万円が渡された。

## 5. 若手研究者支援の削減に反対する意見表明について

竹内会長より、文部科学省に対して、以下の意見表明が提出された。

内閣総理大臣 鳩山由起夫 殿

若手研究者支援の削減に反対する意見表明

日本数理生物学会

先の事業仕分けにおいて、若手研究者の支援に関わる予算の削減が求められました。日本数理生物学会有志は、この要求が科学の発展、ひいては基礎科学の基盤の上に立脚する科学技術の発展を抑制するものであると考え意見を表明いたします。

今日、研究者を目指すことは、多くの学生の目には必ずしも魅力的には写っていないようです。その原因は、大学院に進学する際の経済的な負担と、学位取得後の長期にわたる不安定な身分にあります。

家庭が学生の大学院進学を経済的に支えられない場合には、学生は日本学生支援機構の奨学金などを利用せざるを得ませんが、返済免除の枠がほとんどない現状では学生はそれによって多額の借金を抱えることとなります。また、学位を取得できたとしてもすぐに定職に就けるわけではありません。多くの場合、研究員

（ポスドク）として様々なプロジェクトに雇用され、実践的なトレーニングと実績を積み上げてはじめて定職を得るのが通常のパターンです。研究員には基本的に任期があり、いくつかの研究員を経た後に安定したポストに採用されることが一般的です。科学分野が基本的に実力本意の競争社会であることもあって、こうした不安定な身分は肉体的にも精神的にも大きな負担を伴います。

そうした厳しい状況の中でも、学生の経済的負担の軽減やポスドクのポジションのバランスよい供給によって、一定の競争的環境を維持しつつも時間をかけて研究を進め実力を養う猶予を与えることは可能です。そうした政策こそ、次世代の有能な研究者を育成し基礎科学・科学技術の発展に資するものであるといえます。しかしながら、現実にはその調整がアンバランスであるため、研究に対する学生のモチベーションが低下しつつあるというのが現状です。

そうした状況の下、今回の事業仕分けで出された若手研究者支援の削減要求は、若手研究者を取り巻く状況をさらに悪化させ科学の健全な発展を厳しく抑制するものです。健全な科学の発展を果たすためには、研究者を志す学生が少なからずおり、彼らに適度な競争とトレーニングの期間が与えられ、一定数の安定した研究ポジションが準備され、そこにつけなかった人材にも専門性を活かした他の道筋が備えられている、という一連のサイクルが健全に機能している必要があります。

若手研究者支援の短絡的な削減は、若手研究者の間での過当競争をもたらし、彼らのみならず個々の研究室や研究プロジェクトを疲弊させるでしょう。そうした状況は、学生の研究に対する熱意をますます鈍らせ、科学分野のさらなる弱体化を引き起こすはずで

こうした誤謬に陥ることなく、基礎科学・科学技術の将来的な発展を見据えたより総合的なビジョンを持って、科学技術政策を展開して頂くよう求めます。特に、「若手研究者支援」は科学技術分野において「コンクリートから人へ」を象徴する最も重要な案件だと私たちは確信しています。

賛同者

竹内康博 山内 淳 梶原 毅 稲葉 寿 佐藤一憲  
合原一幸 中丸麻由子 細野雄三 池上高志 巖佐 庸  
酒井聡樹 近藤倫生 瀬戸繭美 難波利幸 土居伸二  
三木 健 長江成典 高田壯則 岩見真吾 高須夫悟  
水口 毅 石松 愛 吉田 寛 中岡慎治 泰中啓一  
重定南奈子 小林徹也 大西 勇 李聖 林 中口悦史  
小林 亮 若野友一郎 川口勇生 鈴木真介 大槻 久  
高松敦子 藤間 真 柳川雅文 江上親宏 西田泰伸  
吉森 明 望月敦史 波江野洋 吉村 仁 岩田繁英

## 6. 2009年1月以降の入退会者（敬称略）

### 入会（48名）

内村 有邦 (大阪大院・生命機能), Nils Aake Braennstroem (Dept. Math. Math. Stat., Umeå Univ.), 小林 徹也 (東京大・生産技術研), 加川 友己 (早稲田大・先端生命医科学センター), 河野 (金兒) 貴子 (奈良女子大・理), 中村 直俊 (東京大院・医学系), 加藤 元海 (北海道大・創成科学研究機構), 石原 秀至 (東京大院・総合文化), 長江 成典 (神戸理化学研), 米澤 久幸 (中部大・生命健康科学研), 別所 和博 (九州大・理), 関口 卓也 (東京工業大院・社会理工), 山道 真人 (総合研究大院), 國谷 紀良 (早稲田大院・基幹理工), 浅川 剛 (ソニー・システム技術研), 水野 晃子 (総合研究大院・葉山高等研究センター), 川津 一隆 (京都大院・農), 松原 仁 (琉球大・工), 田邊 飛仁 (東京薬科大), 影山純二 (明海大・経済), 矢田 真善美 (奈良女子大院), 行藤 瞳 (奈良女子大), 中尾 裕也 (京都大院・理), 立木 佑弥 (九州大院・システム生命科学), 佐藤勇起 (東京大院・総合文化), 佐藤了 (関東学院大・工), 長谷川 雄央 (東京大

院・情報理工), 石松 愛 (東京大院・理), 中島昭彦 (東京大院・総合文化), 石井 宏昌 (横浜国立大院・環境情報), 富田 貴之 (静岡大院・工), 三浦 千明 (東京大院・理), 黄 剛 (静岡大院・創造科学技術), 西嶋 翔太 (東京大院・農学生命科学), 齋藤 大助 (理研), 横井大樹 (静岡大・工), 廣中謙一 (九州大・理), 由田 太一 (兵庫県立大・環境人間), 塚田 祐基 (名古屋大院・理), 宇壽山 衛 (岩手大), 山口 和香子 (東北大院・生命科学), 中島 真司, シンゴウ (東京農工大・農), 落合 洋文 (名古屋大院・情報科学), 篠原 康彰 (山梨県立富士北稜高), 石黒章夫 (東北大院・工), 阿久津 典子 (大阪電気通信大・工), 中田 行彦 (早稲田大院・基幹理工)

### 退会（9名）

武仲 能子, 吉田 智彦, 市ノ瀬 慎一, 石井 幸治, 中川 芳之, 安川 昌宏, 水藤 寛, Axel G. Rossberg, 赤濱 達郎

現会員数：443名

## 日本数理生物学会 2009年度予算執行状況・2010年度予算案

会計幹事 宮崎倫子

		2008年度決算	2009年度予算	2009年度執行状況	2009年9月3日現在 2010年度予算案
<b>一般会計</b>					
収入					
	繰越	1,873,400	1,800,000	2,529,245	2,600,000
	会費	1,188,020	1,000,000	676,000	1,212,000
	大会還元金	0	0	0	0
	利子等	2,836	0	0	0
	計	3,064,256	2,800,000	3,205,245	3,812,000
支出					
	ニュースレター				
	冬印刷	46,200	50,000	47,250	50,000
	冬郵便	29,400	30,000	33,200	35,000
	春印刷	44,940	50,000	51,975	55,000
	春郵便	28,000	30,000	32,880	35,000
	秋印刷	46,200	50,000	47,250	50,000
	秋郵便	29,920	30,000	30,960	35,000
	名簿	113,704	0	0	150,000
	選挙	0	90,000	0	0
	通信費等				
	通信費	4,620	10,000	7,150	20,000
	ドメイン名経費	4,410	4,500	0	4,500
	研究奨励賞経費	0	10,000	14,020	15,000
	事務局経費	35,000	200,000	0	100,000
	事務諸経費	52,617	30,000	34,861	70,000
	特別会計へ	100,000	150,000	150,000	100,000
	小計	535,011	734,500	449,546	719,500
	予備費(次年度繰越)	2,529,245	2,065,500	2,755,699	3,092,500
	計	3,064,256	2,800,000	3,205,245	3,812,000
<b>特別会計</b>					
収入					
	繰越	913,694	963,694	1,013,694	933,694
	繰り入れ(一般)	100,000	150,000	150,000	100,000
	計	1,013,694	1,113,694	1,163,694	1,033,694
支出					
	大会費	0	450,000	0	50,000
	旅費	0	200,000	230,000	0
	小計	0	650,000	230,000	50,000
	予備費(次年度繰越)	1,013,694	463,694	933,694	983,694
	計	1,013,694	1,113,694	1,163,694	1,033,694

## 研究集会カレンダー

2009年12月10日付(前号No.59からの差分)

### 2010

Mar 15–20 東京大学駒場キャンパス

第57回日本生態学会大会

<http://www.esj.ne.jp/meeting/57/>

July 5–9 Budapest, Hungary

19th International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS 2010)

<http://www.conferences.hu/mtns2010/>

June 13–17 Zakopane, Poland

The 10th International Conference Artificial Intelligence and Soft Computing (ICAISC 2010)

<http://icaisc.eu/>

July 26–29 Rio de Janeiro, Brazil

2010 Annual Meeting of The Society of Mathematical Biology

<http://www.smb.org/>

Aug 17–20 Sheffield, UK

Workshop: Amorphous Computing and Complex Biological Networks

[http://www.amorph.group.shef.ac.uk/](http://www.amorph.group.shef.ac.uk/International%20Workshop.htm)

[International%20Workshop.htm](http://www.amorph.group.shef.ac.uk/International%20Workshop.htm)

Sep 7–10 Samos Island, Greece

First International Workshop on Differential and Integral Equations with Applications in Biology and Medicine

<http://www.icsd.aegean.gr/diebm2010/>

Sep 8–10 Brussels, Belgium

ANTS 2010: Seventh International Conference on Swarm Intelligence

<http://iridia.ulb.ac.be/ants2010/>

## 編集委員会からのお知らせ

### 原稿の募集

次号(No. 61, 2010年4月発行予定)では, 卒業論文・修士論文・博士論文の特集を予定しています. 以下の要項に従い, 会員ご自身または会員がご指導の学生の皆さんの卒業論文・修士論文・博士論文の題目・要約文・要旨をお寄せください.

**締切:** 題目および要約文: 2010年2月28日(日)

要旨: 2010年3月20日(土)

**提出先:** JSMB ニュースレター編集委員会

江副 (hezoe@b.s.osakafu-u.ac.jp) まで

**様式:** 卒業論文については, 題目, 200文字程度の内容要約文と, A4サイズ1ページ以内の要旨, 修士論文および博士論文については, 題目, 200文字程度の内容要約文と, A4サイズ2ページ以内の要

旨をご寄稿ください.

要旨については, タイトル部分に, 卒業論文・修士論文・博士論文の別, 論文題目, 著者名, 所属名の記載をお願いします.

提出原稿の様式は, 内容要約文はテキストファイル(数式や書式指定などが入る場合は $\text{T}_\text{E}\text{X}$ 形式が望ましい), Microsoft Word, もしくは OpenOffice.org Writer ファイル, 要旨は pdf ファイルをお願いします. その他不明な点は遠慮なく編集委員会までお問い合わせ下さい.

**掲載:** 内容要約文については, ニュースレター No.61 に掲載します. 要旨については, 戴いた PDF ファイルをニュースレター No.61 Supplement (pdf版) としてまとめ, 学会 web ページに掲載します.

### 編集後記

今号より新しい編集委員会が編集を引き継ぎました. これからの2年間, どうかよろしく願いいたします. 編集長がオスロ滞在中なので, 今号の編集は私が担当しました. 記事をお寄せくださった皆様, 特に, 研究奨励賞の寄稿を含む複数の記事を書いていただいた近藤倫生さんと中岡慎治さんに感謝いたします. 昨年は世の流れが大きく動き, 研究と社会との関係のあり方についても今まで以上に考えさせられる年でした. 明るい未来を描きにくい時代ですが, こんなときにも将来への布石を怠ってはいけない, と思う今日この頃です.

(江副)

日本数理生物学会ニュースレター第60号

2010年1月発行

編集委員会 委員長 高須 夫悟

takasu@ics.nara-wu.ac.jp

奈良女子大学理学部情報科学科

〒630-8506 奈良市北魚屋西町

発行者 日本数理生物学会

The Japanese Society for Mathematical Biology

<http://www.jsmb.jp/>

印刷・製本 (株) ニシキプリント